# OP EN IN DE AARDE.

# OP EN IN DE AARDE

DOOR

Dr. T. C. WINKLER,

CONSERVATOR VAN TEYLERS MUSEUM TE HAARLEM.

7.5
7

Derde Druk.

TWEEDE DEEL.

Met 20 platen 2 kaarten en vele houtgravuren.

AMSTERDAM,
ELLERMAN, HARMS & Co.

Stoomdrukkerij, Ellerman, Harms & Co., Amsterdam.

# INHOUD.

Hoofdstuk I.

**Het water der aarde.** . . . . . . . . . . . . . . . . . . . blz. 1
*a.* De zee . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . „ 1
*b.* De samenstelling, dichtheid, diepte enz. der zee . . . . . . . „ 6
*c.* De temperatuur, de kleur, het lichten enz. der zee. . . . . . „ 20
*d.* De golven der zee. . . . . . . . . . . . . . . . . . „ 24
*e.* De getijen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . „ 29
*f.* De stroomen in de zee . . . . . . . . . . . . . . . „ 35
*g.* Bronnen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . „ 43
*h.* Beken en rivieren . . . . . . . . . . . . . . . . . „ 56
*i.* Meren . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . „ 89

Hoofdstuk II.

**De lucht der aarde** . . . . . . . . . . . . . . . . . . „ 107
*a.* De aard en samenstelling van de dampkringslucht . . . . . „ 107
*b.* De warmte en de vochtigheid der lucht . . . . . . . . . . „ 114
*c.* De winden. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . „ 126
*d.* Dauw, mist, wolken, regen, hagel, sneeuw en ijs . . . . . . . „ 135

Hoofdstuk III.

**Een blik op het leven der aarde.** . . . . . . . . . . . . „ 204
*a.* De planten. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . „ 207
*b.* De dieren . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . „ 211

# PLAATSING DER PLATEN.


White Sunday Isle . . . . . . . . . . . . . . . . tegenover blz. 12
Scylla . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . " " 28
Vloedgolven . . . . . . . . . . . . . . . . . . " " 33
Hooge vloed. . . . . . . . . . . . . . . . . . . " " 34
Zeestroomingen . . . . . . . . . . . . . . . . . " " 37
Groote Geyser . . . . . . . . . . . . . . . . . " " 54
Staubbach . . . . . . . . . . . . . . . . . . . " " 59
Waterval van Gavarnie . . . . . . . . . . . . . " " 59
Waterval van la Savane . . . . . . . . . . . . " " 60
Waterval van de Niagara . . . . . . . . . . . . " " 66
Doode zee . . . . . . . . . . . . . . . . . . . " " 93
Sneeuwval . . . . . . . . . . . . . . . . . . . " " 154
Bergijs op den Kothsada . . . . . . . . . . . . " " 167
Humboldt-glacier . . . . . . . . . . . . . . . . " " 170
IJsbergen bij Newfoundland . . . . . . . . . . . " " 171
Mer de glace . . . . . . . . . . . . . . . . . . " " 176
Roches moutonnées en bergijskrassen. . . . . . . . . " " 183
Ontdekking van Adelieland . . . . . . . . . . . . " " 193
IJsbergen en ijsschotsen . . . . . . . . . . . . " " 195
Noorderlicht. . . . . . . . . . . . . . . . . . " " 202

# HOOFDSTUK I.

## HET WATER DER AARDE.

### *a.* DE ZEE.

De zee bestaat uit water. Wat is water? De scheikundige antwoordt op die vraag: een protoxyde van hydrogenium of waterstof, bestaande uit twee volumen waterstof en een volume zuurstof, of — 88,9 zuurstof en 11,1 waterstof. In zuiveren staat en op gewone temperatuur is het water vloeibaar en vormloos of amorph, zonder smaak of reuk, in kleine hoeveelheid kleurloos, maar in groote hoeveelheid van eene eigenaardige blauwgroene of blauwe kleur. Het soortelijke gewicht van zuiver of gedistilleerd water op 62° Fahr. is gesteld op 1,000, en wordt als de gewichtseenheid genomen voor alle andere lichamen, maar zeewater verschilt naar de plaats en de diepte waarop het genomen wordt van 1,027 tot 1,029. Als het water op de hoogte van den waterspiegel der zee en onder gewone luchtdrukking tot de temperatuur van 212° Fahr. verwarmd wordt, kookt het en gaat het in damp over, en dit kookpunt, zooals het geheeten wordt, wordt lager, hoe hooger wij boven den zeespiegel komen. Met andere woorden, hoe minder de drukking der lucht wordt, des te spoediger kookt het water, en dit gaat zoo geregeld, dat het gelijk de barometer als eene maat voor de hoogte gebruikt kan worden. Echter zijn de uitwerkselen van het koken op den zeespiegel en het koken op eene hoogte van bij voorbeeld 4000 meter, zeer verschillend; wat op de eerste hoogte gekookt kan worden, kan onveranderd blijven uren lang op de laatstgenoemde hoogte. Op 40° Fahr. is het water op zijn minimum van volumen, en zet zich uit als het boven die temperatuur rijst, totdat het geheel in damp veranderd is, en als het daar beneden daalt op 32° voor zoet water en 28¼° voor zout water, wordt het veranderd in ijs — een doorschijnend, broos, kristallijn lichaam, dat op het water drijft.

Het water dat op of in de aarde gevonden wordt, is nooit volkomen zuiver, maar bevat min of meer vreemde bestanddeelen, zooals dampkringslucht, stikstofgas, koolzuur, kwarts, aluinaarde en zouten, namelijk koolzure, zwavelzure, salpeterzure en phosphorzure zouten van kalk, magnesia, soda, potasch, protoxyde van ijzer en mangaan, of chloriden of fluoriden van hunne metallische basen, en in de zee en sommige bronnen ook jodium en bromium. Gelijk alle andere vloeistoffen welker deeltjes zich vrij kunnen rangschikken, is de oppervlakte van het water in rust altijd volkomen effen, en deze oppervlakte, in zoo ver den oceaan betreft, beantwoordt aan en vormt een gedeelte van den omtrek van den aardbol.

Het water is een krachtige werker in de huishouding der natuur: het is volkomen onmisbaar voor het leven van dieren en planten. Het water maakt een samenstellend deel uit van alle lichamen, bewerktuigden en onbewerktuigden; in den vorm van regen en sneeuw, bronnen en beken, rivieren en stroomen, getijen en golven is het de groote oorzaak van veranderingen op de oppervlakte der aarde en diep in de korst. Het water, eindelijk, is overal aanwezig in zichtbaren of onzichtbaren vorm, in de lucht en in de aarde, in de weefsels van planten en dieren, in de gesteenten en mineralen der aardkorst. Het water is het groote oplosmiddel in de natuur, het groote voermiddel waardoor de kringloop van het leven mogelijk is; zonder water zou er geen leven kunnen bestaan; zonder water geen aardbol geschikt voor de planten en dieren die wij kennen. Het water is onuitputtelijk — niet alsof zijne maat niet gemeten en zijne druppelen niet geteld waren — maar omdat het steeds verbruikt en steeds weer op nieuw voortgebracht wordt, omdat het als het den eenen dienst in de huishouding der natuur verricht heeft, rusteloos en gewillig naar nieuwe dienstbetooningen omziet en nooit vermoeid wordt.

Wij mogen ons echter hier niet langer bij het water, als eene stof beschouwd, ophouden — de lezer die er meer van weten wil, neme het eene of andere boek dat bijzonder over het water handelt ter hand — wij moeten het water nu beschouwen als een deel van de aardkorst, en vragen dus in de eerste plaats: hoe is het over de aarde verspreid?

Boven hebben wij reeds gezegd dat ofschoon het water den aardbol aan alle zijden omringt, en over ongeveer drie vierden van zijne oppervlakte verspreid is, de „groote waterwereld" zooals de Duitschers de zee noemen, toch min of meer verdeeld is in bepaalde oppervlakten, die men oceanen of zeeën noemt. Zoo noemen wij de watervlakte ten westen van de Oude Wereld en die tusschen haar en de Nieuwe wereld gelegen is, de Atlantische zee, terwijl ten westen van de Nieuwe wereld en tusschen haar en de Oude de nog grootere Stille zee gevonden wordt. Deze verdeeling valt reeds bij een oppervlakkigen blik op de wereldkaart in het oog — de eerste ligt als een onregelmatigen kuil tusschen de twee groote vastelanden, en staat in verband met de wateren die noord- en zuidpool beiden bedekken; de laatste is in het noorden een nauwe

zeestraat, maar spreidt zich naar het zuiden over bijna de helft van den aardbol uit, en verliest zich zonder bepaalde grenzen in de onbekende wateren van de zuidpool.

Behalve deze Atlantische en Stille zeeën, onderscheidt men nog in het noorden de Noordelijke, en in het zuiden de Zuidelijke Poolzeeën, terwijl tusschen Afrika en Azie de wel bekende en veel bevarene Indische zee ligt.

De zeelieden verdeelen de vijf groote gedeelten van den oceaan wel is waar nog in onderscheidene onderdeelen, die ook allen onder verschillende namen bekend zijn, doch voor den beoefenaar der natuurkundige aardrijkskunde zijn de termen noordelijke en zuidelijke Atlantische zee, noordelijke en zuidelijke Stille zee, Noordpoolzee, Zuidpoolzee en Indische zee duidelijk en begrijpelijk. Ook is men gewoon om de groote oppervlakte water, die ten zuiden van de zuiderspitsen van Afrika, Australie en Zuid-Amerika ligt, als een enkele groote zee te beschouwen, en haar de Zuidelijke zee te noemen, een naam die zeker in 't geheel niet ongepast, en dikwijls zeer gemakkelijk in het gebruik is.

De lengte van de Atlantische zee, genomen van den noorder poolkring tot den zuider poolkring, is meer dan 14 000 eng. mijl; hare breedte wisselt af van 1400 tot 6500 mijl, zijnde slechts 1400 tusschen Noorwegen en Groenland, 2700 tusschen Sierra Leone en Brazilie, en 6500 tusschen Marocco en Florida, en haar vermoedelijke oppervlakte is ongeveer 25 000 000 vierkante eng. mijl. Die groote oppervlakte wordt weinig door eilanden afgebroken. In haar noordelijk gedeelte is zij onregelmatig van gedaante, en zendt zij vele belangrijke uitloopers of vertakkingen in het land op, maar in het zuidelijk gedeelte is zij regelmatiger en zijn hare kusten veel meer onafgebroken. In het noorden wordt zij gedeeltelijk omsloten door de rotsige kusten van Noorwegen, IJsland en Groenland, maar naar het zuiden is zij geheel open, en gaat onmerkbaar in de Zuidelijke zee over.

De voornaamste vertakkingen van dit groote waterlichaam, de baaien en golven van de Atlantische zee, zijn de Baffinsbaai, de Hudsonsbaai, de golf van St. Laurens, de baai van Fundy, de golf van Mexico en de Caribische zee op de westelijke of amerikaansche zijde, en op de oostelijke zijde of die der Oude wereld de Noordzee, de Oostzee, het Kanaal, de baai van Biscaye, de Middellandsche zee en de Golf van Guinea. Zij allen of ten minste bijna allen komen in het noordelijke gedeelte van de Atlantische zee voor, en daarom is dit het belangrijkste zoowel voor den aardrijkskundige en den natuurkundige als voor den zeeman.

Onder deze kleinere zeeën of gedeelten der groote zee, waarvan sommigen gedurende een gedeelte van het jaar met ijs zijn bedekt en dus onbevaarbaar zijn, terwijl andere gedeelten door banken en ondiepten de scheepvaart hinderen, is de Middellandsche zee de belangrijkste, zoowel uit een natuurkundig als uit een maatschappelijk oogpunt. Op hare kusten stond het eerst de wieg van de beschaving en koophandel in Europa, en haar water is nog steeds niet slechts

de hoofdweg voor de gemeenschap tusschen de drie vastelanden — Europa, Azie en Afrika — die haar omringen, maar ook tusschen alle belangrijke deelen der aarde. „De staatkundige en maatschappelijke gebeurtenissen, die op de kusten van dit merkwaardige gedeelte des oceaans voorgevallen zijn," zegt de engelsche admiraal SMYTH, „zijn nauw met de geschiedenis van bijna elk land der wereld verbonden, maar onafhankelijk van hare klassieke en geschiedkundige waarde heeft de Middellandsche zee ook thans nog eene groote belangrijkheid voor de volken die aan hare kusten wonen, en daardoor een grooten invloed in het binnenland van de omringde vastelanden. Bovendien is zij de groote band van gemeenschap tusschen de volken van Europa, Azie en Afrika, ofschoon het schijnt dat zij bestemd was om het tegenovergestelde te doen, dat is om die volken te scheiden en van elkander af te houden. Met schoone eilanden bezaaid, en omringd door bijna elke soort van bodem, zijn hare voortbrengselen zeer verschillend, en door hare gemeenschap met de Atlantische zee maakt zij den handel met elk deel der wereld gemakkelijk. Hier deed de scheepvaart van Europa hare eerste schreden, en de betrekkelijk korte afstanden van de eene haven tot de andere maken het verkeer zelfs met gebrekkige schepen gemakkelijk. Het verspreidde en bevorderde zoodoende de beschaving, want het is eene onweersprekelijke waarheid, dat alles wat geschikt is om de menschen beter met elkander bekend te doen worden, zij mogen buren zijn of ver van elkander af wonen, onvermijdelijk ten voordeele moet komen van het algemeen."

De Stille zee, ofschoon als groote handelsweg minder van belang, is bijna tweemaal grooter dan de Atlantische — hare grootste breedte is 12,000 eng. mijl en hare oppervlakte bedraagt ongeveer 50,000,000 vierkante mijl. Zij staat bijna in 't geheel niet in verband met de Noordelijke zee, de eenige gemeenschap tusschen die beiden is de straat van Bering, die niet breeder is dan 36 mijl en slechts 25 vadem diep is op de diepste plaatsen; in dit opzicht gelijkt de Stille zee dus geenszins op de Atlantische, maar even als de laatste is zij naar het zuiden open, en gaat als ongemerkt in de zuidelijke zee over. Zij is dicht bezaaid met afzonderlijke eilanden en met eilandgroepen: die menigte eilanden onderscheiden haar voornamelijk van andere gedeelten des oceaans. Hare voornaamste vertakkingen zijn de zee van Kamtsjatka, de zee van Okhotsk, de Japansche zee, de Gele zee en de Chineesche zee op de westelijke of aziatische zijde, terwijl op de oostelijke of amerikaansche zijde de golf van Californie en de kleine baai van Panama de eenigen zijn, die op de overigens onafgebrokene kust gevonden worden. De belangrijksten dier kleine zeeën zijn die van Japan en van China, welker kusten reeds zeer vroeg de zetel van eene bijzondere beschaving zijn geweest, en welker wateren reeds lang door de schepen van bijna alle volken zijn doorkruist geworden.

De Indische zee ligt tusschen Afrika en Australie aan den eenen en tusschen Azie en de zuidelijke zee aan den anderen kant. Zij is meer dan 40 000 eng. mijl breed, en heeft vermoedelijk een oppervlakte van 17,000,000 vierkante mijl. Als wij de Indische Archipel uitzonderen, die eerder haar grens

vormt dan er toe behoort, vinden wij weinige eilanden in deze zee, en ook loopt zij met slechts weinige vertakkingen in het land op, die allen aan hare noordelijke of aziatische zijden voorkomen — de Roode zee, de Arabische zee, de Golf van Perzie en de Golf van Bengalen.

De noorder en zuider Poolzeeën zijn door hare ligging rondom de polen grootendeels en bijna altijd met ijs bedekt en afgesloten, en gevolgelijk slechts onvolkomen aan de aardrijkskundigen bekend. De noordelijke vormt als ware een ronde kom, welks randen de noordkusten zijn van Europa, Azie en Amerika, en heeft een oppervlakte die, volgens eene ruwe schatting, 40,00,000 vierkante mijl zou zijn. Zij dringt in Europa door de Witte zee en de zee van Kara, en in Azie door de golf van Obi en eenige nauwe zeestraten, terwijl er ten noorden van deze kusten enkele eilanden liggen. Doch de noordelijke kusten van Amerika vertoonen zooveel eilanden en door ijs geslotene zeestraten, dat het tot op dezen oogenblik onmogelijk geweest is om uit te maken of het land of water is wat de Noordpool omringt.

De zuidelijke Poolzee integendeel is aan alle kanten open, en de Stille, Atlantische en Indische zeeën gaan onmerkbaar in haar over. Zoo ver als zeelieden de Zuidpool genaderd zijn, hebben zij eilanden en kusten gevonden, en daaruit leidt men af dat de Zuidpool door een land omringd wordt, maar ongetwijfeld zal het nog wel lang duren eer men daarvan zekerheid heeft. Over het algemeen is de zuidelijke Poolzee een koude, stormachtige en ongenaakbare zee — haar ijs strekt zich 10° verder naar den evenaar uit dan dat van de noordelijke Poolzee.

Op de bovenstaande wijze wordt de oceaan door de aardrijkskundigen verdeeld, verdeelingen die niet slechts noodzakelijk zijn voor eene verstaanbare beschrijving, maar die op werkelijk verschillende toestanden en karaktertrekken gegrond zijn. Van de plaats op den aardbol waar zij liggen hangt de temperatuur der zeeën af, hare grootte en gedaanten bepalen de getijen en stroomen, en de som van deze physische toestanden regelt de natuur en de verspreiding harer planten en dieren. Dus zou elke verandering, hetzij van de ligging, van de oppervlakte of van den omtrek, alles wijzigingen, zoowel de natuurkundige toestanden als de levenstoestanden, die van die uitwendige voorwaarden afhankelijk zijn. Daar de noordelijke en zuidelijke gedeelten der Atlantische zee op zeer verschillende breedten liggen, verschilt haar beider klimaat natuurlijk zeer veel, en het planten- en dierenleven is in het noordelijk gedeelte veel meer ontwikkeld en meer onderscheiden dan in het zuidelijke, wat een gevolg is van de groote menigte vertakkingen die zij in het land opzendt. Een dergelijk onderscheid is er ook tusschen de noordelijke en zuidelijke gedeelten der Stille zee, met dit verschil echter, dat het noordelijk gedeeelte der Stille zee veel minder den invloed van het ijs der Noordpool ondervindt dan de Atlantische zee, en dat de talrijke eilanden van het zuidelijk gedeelte haar een geheel eigenaardig karakter geven.

De Indische zee, aan drie zijden door land omringd en voor het grootste

gedeelte in de heete zone gelegen, vertoont dien ten gevolge de grootste verschillen in alle opzichten met de andere zeeën. En toch moeten wij niet vergeten dat, hoe verschillend ook, er toch ook het innigste verband bestaat tusschen al die zeeën: het koude water vloeit altijd naar het warme en het warme naar het koude, en zoo is het derhalve niet ongepast om te spreken over een enkele groote en ondeelbare „waterwereld".

### *b*. DE SAMENSTELLING, DICHTHEID, DIEPTE, ENZ. DER ZEE.

Het zeewater is zout van smaak — dat is zoo bekend aan ieder die ooit zeewater geproefd heeft, dat het bijna noodeloos is om het hier te zeggen. Maar niet iedereen weet dat die onaangename zoute smaak van het zeewater door zeer verschillende zouten wordt te weeg gebracht, doch die men gewoonlijk onder den naam van zout samenvat, omdat het gewone of keukenzout verreweg het meest in het zeewater aanwezig is. Wel is dat zoutgehalte gering in zeebekkens die door het land omringd worden en slechts door smalle kanalen met de groote zee in verband staan, en tevens te groote zoetwaterrivieren ontvangen dan dat de verdamping het evenwicht kan bewaren; maar daarentegen is het des te grooter in zulken, die slechts weinig water uit het land ontvangen, en welker verdamping een grooten toevoer van zeewater vordert. Doch in het groote algemeene zeebekken wegen die kleine verschillen tegen elkander op, en het zoutgehalte blijft steeds hetzelfde, wijl alle toevoer van het land volkomen opgewogen wordt door hetgeen planten en dieren verbruiken. Zoodra in zeker gedeelte der zee het eene of andere bestanddeel, voor het leven benoodigd, te veel ontbreekt, neemt de menigte planten en dieren terstond af, en eveneens neemt zij toe, zoodra die voor het leven noodige stoffen vermeerderen. In de zee gedijen juist zulke planten en leven juist zulke dieren die veel opgeloste stoffen noodig hebben, en dus geheel anderen als in het zoete water, en in elke streek der zee leven er anderen, al naar dat het gehalte aan opgeloste stoffen van het water verschilt.

Volgens Regnault bestaat het zeewater uit:

| | | |
|---|---|---|
| Water | | 96,470 |
| Zouten | Chloornatrium | 2,700 |
| | Chloormagnesium | 360 |
| | Chloorkalium | 070 |
| | Zwavelzuur kalk | 140 |
| | Zwavelzuur bitteraarde | 230 |
| | Koolzuur kalk | 003 |
| | Broommagnesium | 002 |
| Verlies (benevens jodiden, kiezelzuur enz.) | | 025 |
| | | 100,000 |

Het gemiddelde gehalte van het zeewater aan opgeloste vaste stoffen bedraagt derhalve op 100 gewichtsdeelen ongeveer $3\frac{1}{2}$. Daarvan zijn $2\frac{1}{2}$ dee-

len keukenzout, $^1/_3$ chloormagnesium, $^1/_5$ bitterzout, $^1/_6$ gips. De overige stoffen zijn er slechts in eene geringe verhouding in aanwezig, b. v. kiezelzuur en vooral kalk. Die laatstgenoemde stof, die meestal zoo veel in de bronnen aanwezig is, maar in de rivieren reeds afneemt, verdwijnt geheel en al op een geringen afstand van den mond der stroomen. De planten, vooral de tallooze, voor het oog onzichtbare, in het water drijvende en zich vermeerderende plantjes, waaruit grootendeels het slijk bestaat dat de monden der rivieren vormt, veroorzaken de afzetting dier stof, deels als bijmengsel in het slijk, deels in de stillere haffen en kustmeren als lagen. De dieren onttrekken het water zijn gipsgehalte, zij zetten het gips om, nemen er aan den eenen kant het zwavel uit, dat een bestanddeel uitmaakt van alle dierlijke lichamen, terwijl zij aan den anderen kant aan het kalkaarde het koolzuur geven, dat zij door hunne ademhaling verwekken. Van het zoo gevormd koolzuur kalk vormen zij voornamelijk hunne huidweefsels, die daardoor tot vaste schalen, hoorns en schelpen worden. Waar in warme streken, of aan vlakke kusten, of op ondiepten, het water door de verdamping zoutrijker wordt, daar gedijen schelpdieren in menigte, daar verzamelen zich koraalpolypen in maatschappijen, en hoopen hunne kalkkorsten, de koralen, tot echte rotsmassa's op. Op de zelfde wijze werken in de volle zee, maar naar den grootsten maatstaf, de kleine wortelvoetigen die in de bovenste waterlagen leven. Planten en dieren verbruiken de in de zee opgeloste stoffen, naarmate zij door de rivieren aangevoerd worden, en zoo blijft het zeewater steeds in den zelfden toestand bestaan.

Hoewel het uit vele onderzoekingen blijkt dat het zeewater bijna overal even zout is, als een natuurlijk gevolg van de onophoudelijke vermenging en den kringloop der wateren, die door golven, stroomen en getijen veroorzaakt worden, heeft men toch bevonden, dat het water van de zuidelijke zeeën een weinig zouter is dan dat van de noordelijken, dat de hoogste graad van zoutheid gevonden wordt tusschen 22° noorder- en 17° zuiderbreedte, of in de streek der passaatwinden. Deze winden voeren het uitgedampte zeewater naar den evenaar, waar het weer in verfrisschende regenbuien nedervalt; en van die breedten af naar de polen heen neemt het min of meer in zoutheid af. MAURY zegt hieromtrent het volgende: „Op het zuidelijke halfrond is meer zee en minder land dan op het noordelijke. Maar de hydrometer toont aan dat het water der zeeën van het eerste zouter en zwaarder is, dan het water der zeeën aan deze zijde van den evenaar. Dit is niet anders te verklaren als door te stellen dat dit verschil in zoutheid of soortelijk gewicht te danken is aan de grootere verdamping op het zuidelijke en de grootere precipitatie op het noordelijke halfrond van onze planeet." M'CULLOCH zegt: „Als het water op 212° Fahr. tot stoom overgaat, slorpt het 1000° warmte op, die onmerkbaar voor den thermometer, of zoogenoemd latent, worden, en omgekeerd als stoom verdicht wordt tot water, geeft zij 1000° latente warmte af, die dus vrij wordt, en zoowel door den thermometer aangetoond als door de zinnen waargenomen kan worden. Dus zal stoom van 212° Fahr. als hij verdicht wordt, vijf en een half maal zijn eigen gewicht aan water van het

vriespunt tot het kookpunt verhitten. Nu is er op het zuidelijke halfrond een veel grootere wateroppervlakte aan de zonnestralen blootgesteld dan op het noordelijke, en daardoor wordt er veel meer water in dampvorm uit opgeheven, en wordt zij dus gemaakt, en die waterdamp wordt, door de heete zone heen, gevoerd naar de gematigde noordelijke breedten. Daar wordt die damp verdicht en voedt zij onze bronnen, en de warmte die zij bevatte wordt vrij, en matigt de gestrengheid van het klimaat in het noorden.

Wij zeiden boven reeds dat niet alle afdeelingen der zee even zout zijn, en dat dit van verschillende omstandigheden afhangt, wat vooral in de vertakkingen van den oceaan het geval is. Dit verschil komt hoofdzakelijk door de mate van rivierwater dat er in vloeit, en door de verdamping van het water. Als eene zee meer toevoer van zoet water krijgt dan zij door de verdamping verliest, wordt zij minder zout, en omgekeerd als er meer verdamping dan toevoer is, wordt zij zouter. Daardoor zijn bij voorbeeld de Oostzee, de zee van Marmora en de Gele zee minder zout dan de oceaan, maar de Middellandsche zee is zouter. De Zwarte zee is de helft minder zout dan de oceaan, en de zee van Azow en de Kaspische zee zijn nog minder zout dan de zeeën die geen afvoer hebben of niet met den oceaan in verband staan, zooals de Doode zee en het meer Aral, die zeer zout zijn. Het water van de Doode zee is, volgens vele onderzoekingen, ongeveer zesmaal zouter dan dat van den oceaan. Ook het water van het meer Utah in Noord-Amerika, en dat van het meer Oermiah in Perzie is zesmaal zouter dan gewoon zeewater: een mensch drijft er op zonder dat hij de minste beweging behoeft te maken.

Vele zoetwatermeren zijn waarschijnlijk voorheen zout geweest, en hebben langzamerhand hun zout verloren, door de vermenging van hun water met dat der rivieren die er doorheen vloeien. Onder de meren die tegenwoordig hun zout geheel verloren hebben, kan men de groote canadasche meren noemen, en vooral het meer Baïkal, waarin thans nog zeehonden en andere zeedieren leven, die als 't ware geacclimatiseerd zijn geworden in het langzamerhand zoeter gewordene water.

Ofschoon de zee op groote diepten overal even zout schijnt te zijn, is zij toch aan de oppervlakte minder zout; men wil dat dit een gevolg is van de vermenging met regen- en rivier-, en ijs- of sneeuwwater. Men heeft ook verzekerd dat het water aan de oppervlakte minder lucht bevat dan in de diepte, en dat dit een hondersten van het volumen water kan verschillen. Eene andere opmerkelijke eigenschap van zout water is dat het om zoo te zeggen minder gevoelig voor de koude is dan zoet water — het laatste bevriest, gelijk bekend is, op 32° Fahr. of 0° Cels., terwijl zout water eerst op 28¼° Fahr. of — 2° Cels. tot ijs veranderd wordt. Als wij later over de ijsbergen en het drijfijs spreken, komen wij even op deze bijzonderheid terug. Ook verdampt zout water minder dan zoet, dat is, eene bepaalde oppervlakte zout water verliest in den zelfden tijd en onder de zelfde voorwaarden minder door verdamping dan eene even groote oppervlakte zoet water. Door het bevriezen van het zoute water wordt

zijne oppervlakte zouter, want het ijs is zoet, dat is bevat geen zouten, maar door dat onttrekken van zoet water in den vorm van ijs, worden de zouter gewordene bovenste waterlagen zwaarder, en zinken, terwijl de lichtere en warmere gedeelten oprijzen, en hunne plaats aan de oppervlakte innemen. Door dien omloop van het water wordt dus de koude aan de oppervlakte begrensd, en het evenwicht in de dichtheid bewaard.

Al die boven besprokene eigenschappen en bijzonderheden van het zeewater zijn ongetwijfeld van het hoogste belang in de huishouding der natuur. Schelpdieren, schaaldieren en koraalpolypen krijgen het kalk dat zij voor hunne schelpen enz. noodig hebben, uit de zouten van den oceaan, visschen ademen de met lucht vervulde wateren van de ongemetene diepten in, en zoowel planten als dieren vinden in het zoute water voorwaarden voor hun bestaan, die zij in volkomen zuiver water nooit zouden kunnen vinden. Door haar lager vriespunt is de zee over eene groote oppervlakte altijd open en toegankelijk, en door hare langzamere uitwaseming wordt de betrekkelijke kleine oppervlakte van het land minder met vochtigheid bedeeld, dan indien de zee uit zoet water bestond.

Wij hebben boven wel over de stoffen gesproken die in oplossing in het zeewater gevonden worden, en waaraan men den algemeenen naam van zouten geeft, maar nog niet over de stoffen die mechanisch met het water der zee zijn vermengd of er in drijven, zooals zand, slijk en bewerktuigde deeltjes. Deze stoffen komen er slechts toevallig en op bepaalde plaatsen in voor, en zijn afhankelijk van rivieren, getijen, golfslag, stormen en andere dingen. Men noemt dan het water troebel, maar als de oorzaak waardoor die deeltjes in het water gekomen zijn, ophoudt, bezinken zij, en dan wordt het water weer helder. Ook is het bekend dat het zeewater bijna nooit merkbaar troebel is, behalve langs de kusten en voor de monden der rivieren, en dat die mechanisch in het water zwevende stoffen dus zeer ongelijk verdeeld zijn, terwijl aan den anderen kant de stoffen die er in scheikundige oplossing in gevonden worden, overal en standvastig aanwezig zijn. Het water dat door de verdamping uit den oceaan opgenomen wordt, is bijna volkomen zuiver: als mist, regen en sneeuw valt het op het land, doordringt den bodem met alle gesteenten en aarden waaruit hij bestaat, en keert weder terug naar den oceaan, bezwangerd met de stoffen die het uit de gesteenten der aardkorst heeft opgelost, en die het van de oppervlakte heeft afgeknaagd. De zee wordt zoodoende de groote vergaderbak van alles wat van het land komt, en alle van het land afkomstige stoffen zouden zich in de zee ophoopen, en eindelijk de samenstelling van het water veranderen, als de behoeften van planten en dieren geen tegenwicht in de schaal legden, en als er geen nieuwe scheikundige verbindingen in den schoot der wateren gebeurden. En dat is altijd zoo geweest zoo lang de aarde bestaat: de palaeontologie leert ons, door het bestudeeren van de schelpdieren, koralen, foraminiferen enz. uit vroegere tijdperken der aardgeschiedenis, dat de samenstelling van den oceaan altijd ongeveer gelijk geweest is als tegenwoordig, en wij mogen dus

aannemen dat het zoutgehalte van den oceaan reeds lang tot een toestand van evenwicht en bestendigheid gekomen is. En al is er in het eene of andere tijdperk een geringe overmaat van zout in de zee geweest, zooals door de geologen wel eens beweerd is, dan was die overmaat toch slechts tijdelijk, want door het afzetten en vormen van nieuwe kalkgesteenten, steenzoutbeddingen en dergelijken is altijd het te veel weer uit het water genomen en het evenwicht hersteld geworden.

Het evenwicht word altijd hersteld, zeiden wij; de stoffen die in de zee worden gebracht, worden haar weer ontnomen op de eene of andere wijs. Wij zagen boven ook dat planten en dieren eene groote rol spelen in dat ontnemen van stoffen aan het water: wij willen, voordat wij verder het zeewater beschouwen, een voorbeeld geven aan de werking van levende wezens in de zee. Wij willen zien hoe kleine diertjes groote eilanden en rotsen opbouwen, uit eene stof die echter in eene zeer kleine hoeveelheid en in opgelosten toestand in het zeewater aanwezig is.

Slaan wij nogmaals een blik op de analyse van zeewater die wij boven hebben gegeven, dan zien wij dat de hoeveelheden van kalkzouten, kalium, jodium, kiezelzuur enz., uiterst klein zijn. Desniettemin spelen het kalk en het kwarts die in het zeewater aanwezig zijn, eene zeer groote rol, want de hoeveelheden die ons zoo uiterst klein voorkomen in de opgave van de scheikundige analyse van een liter zeewater, worden ontzachlijk groot in den geheelen oceaan. Wieren en zeeplanten nemen kalk, kwarts, kalium- en jodiumverbindingen uit het water, en voegen die minerale stoffen in hare bewerktuigde weefsels, en weekdieren, polypen en schaaldieren maken van kalk en kwarts hunne schelpen, koraalstokken, schalen en schilden. En dat zij niet onbeteekenend is, de kalkmassa, die op de genoemde wijze door weekdieren uit het water verwijderd wordt, blijkt ten duidelijkste als wij bedenken dat de schelp van eene enkele groote oester van 20 tot 25 decigram weegt, en dat er jaarlijks millioenen oesters door de liefhebbers van alle natiën weder aan de aarde terug gegeven worden. Maar toch is dat nog niets bij de onbegrijpelijke werkingen der koraalpolypen, op welker aanzijn het bestaan van groote rotsgevaarten in de zee, ja zelfs dat van geheele eilanden gegrondvest is. Wij willen die dieren en hunne bouwwerken iets nader beschouwen.

Zekere koraalpolypen, voornamelijk van de geslachten *Millepora*, *Astraea*, *Maeandrina* en *Cariophyllia*, leven gezellig, dicht op een gedrongen, naast en op elkander; en hunne kalkachtige woningen, het koraal, vormt op den bodem der zee koraalbanken of riffen. De riffen worden door de genoemde diertjes uit eene matige, dertig meter niet veel overschrijdende diepte, tot aan den waterspiegel der zee opgebouwd, en wel zeer waarschijnlijk op verschillende diepten ook door verschillende soorten van dieren. Zulke riffen zijn tegenwoordig tusschen den 32sten graad noorder- en den 29sten graad zuiderbreedte begrensd. Zij behoeven, om wel te kunnen gedijen, een niet al te diepen, vasten grond, en bewogen en voedsel toevoerend, kalkhoudend zeewater, dat echter

noch slijk, noch zand moet bevatten, wijl die stoffen hun leven hinderlijk schijnen te zijn. In de oudere aardlagen vinden wij, zooals wij weten, dergelijke verschijnselen. In de Stille en Indische, alsmede in de Roode zee zijn koraaleilanden en riffen vooral veelvuldig.

Men onderscheidt drie soorten van riffen; 1°. die tegen de kust aansluiten; 2°. die een eiland als een ring omgeven; en 3°. ringvormige riffen, *atols* geheeten, die geen eiland, maar als 't ware een vijver van zeewater omringen. De eersten zijn de natuurlijke beginselen van de anderen, wijl de koraalpolypen hunnen bouw steeds slechts aan of op rotsige zeekusten aanvangen, waar de voorwaarden hun gunstig zijn, en vooral waar zij niet door inmondende rivieren gehinderd worden.

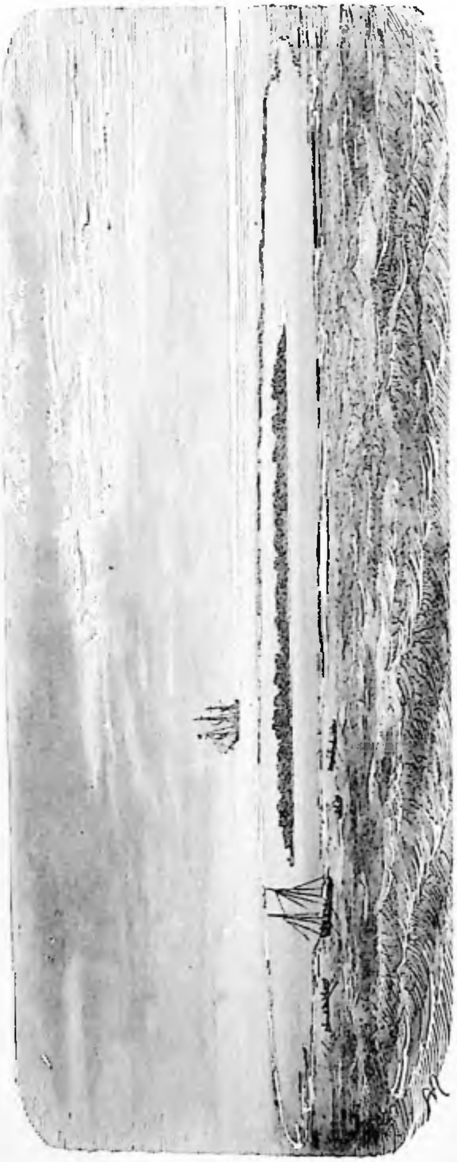
Strand- of kustriffen vindt men vooral in de Roode zee, aan de oostkust van Afrika, aan de kusten van Madagascar, Soematra, de Philippijnsche- en Salomons-eilanden, de Antillen enz. Waarschijnlijk is de vlakke zeebodem op die plaatsen ook door koralen bedekt. Worden nu zulke kusten, waar de polypen hunne koraalhuizen tegen aan gebouwd hebben, door de eene of andere werking in de aarde langzamerhand of plotseling opgeheven, dan komen de koraalriffen daardoor ten deele of geheel boven den waterspiegel; de dieren sterven, en men vindt weldra de begonnen riffen op het drooge. Niet zelden is dit het geval in de straks genoemde landstreken. Daardoor krijgen wij tevens een duidelijk voorbeeld van het oprijzen van belangrijke gedeelten der aardkorst.

Geheel anders evenwel is het gevolg wanneer kusten en eilanden, die koraalriffen bezitten, langzamerhand dalen. Door dat dalen van den grond krijgen de polypen weer gelegenheid om al weer hooger te bouwen. Daar de branding van de zee echter aan de buitenste dieren meer voedsel toevoert dan aan de binnensten, groeit het rif van buiten het snelste aan, en er onstaat daardoor een ringvormig rif, tusschen hetwelk en het eiland, de zee somtijds zoo diep is, dat groote schepen door de enkele openingen van het rif heen kunnen zeilen en in het kanaal ankeren. En als nu zulk een eiland met een ringvormig koraalrif voortdurend zakt, dan zullen eindelijk de golven over zijn top heenrollen, en er onstaat een ringvormig rif met een watervlakte daarin, een zoogenoemd atol. Zulke ringvormige eilanden die slechts weinig boven den zeespiegel uitsteken, alsmede ook enkele door kringvormige riffen omgevene eilanden, vindt men bij duizenden in zekere streken van de Stille en Indische zeeën. Zij beslaan met hunne tusschenruimten eene groote oppervlakte, en als zij later eenmaal met hunne gronden tot boven den zeespiegel opgeheven worden, dan moeten zij eene meer dan duizend vierkante mijl groote, vrij gelijkvormige koraalkalkvorming uitmaken.

De oceaan knaagt voortdurend aan de koraalriffen, zooals de groote puinhoopen bewijzen, die op den oever liggen, en waarin de schoonste palmboomen wortelen. Die eilandjes zouden weldra een buit der golven worden, als kleine diertjes niet het evenwicht bewaarden, en, trots de schuimende branding,

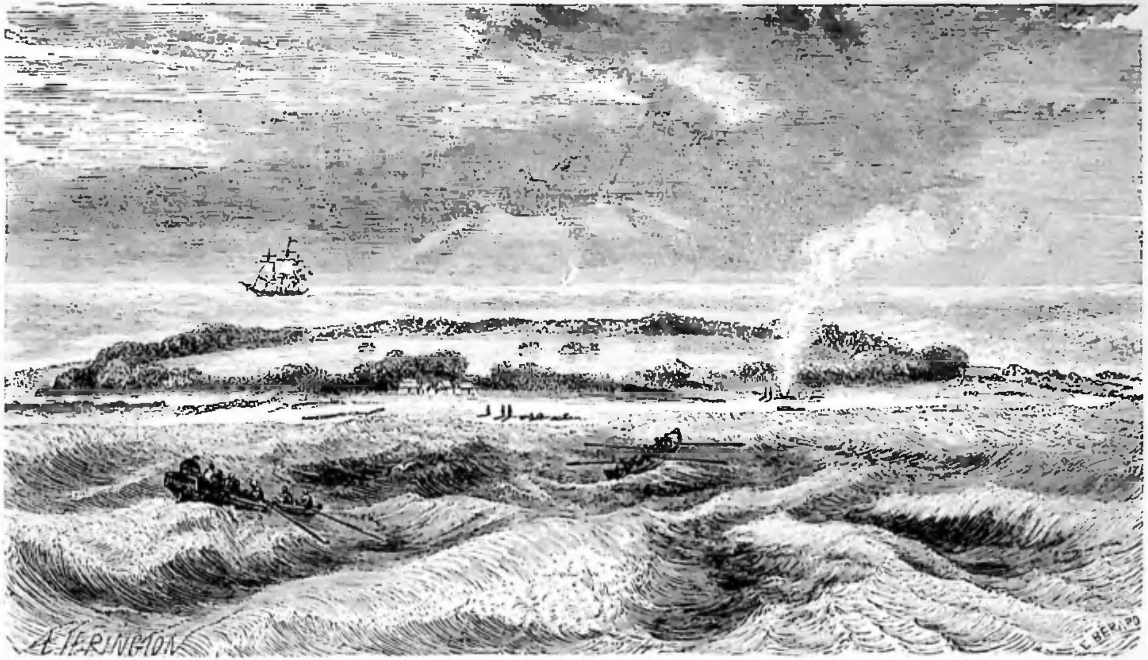
deeltjes koolzuurkalk uit de zee opnamen, en tot een vast gebouw samenvoegden.

Palmboomen groeien er op die koraalriffen en eilanden zeide ik: de zee werpt zaden van die boomen op de kust, en vogels brengen met hunne uitwerpselen andere zaden van planten op de riffen, en zoodoende duurt het niet lang of de boven water uitstekende gedeelten worden met een weligen plantengroei bedekt. De volgende platen geven ons eene fraaie afbeelding van een paar met planten begroeide en door menschen bewoonde koraalriffen. En zulke eilanden zijn er bij duizenden in de Stille zee. Ook de oostkust van Nieuw-Holland is tusschen den 9den en 25sten graad zuiderbreedte voorzien van een groot koraalrif, dat eene lengte van 1770 en eene gemiddelde breedte van 60 mijl, en dus eene oppervlakte van 88,000 vierkante mijl heeft.



Een ringvormige koraalrif of atol in de Stille zee.

Zoo lang die koraalriffen en eilanden de aandacht van den beoefenaar der natuurkundige aardrijkskunde zullen trekken, zoo lang zal ook de naam genoemd worden van den in vele opzichten beroemden natuuronderzoeker Darwin. Men meende vroeger dat de ringvormige gedaante der meeste koraalriffen een gevolg was van de omstandigheid, dat de polypen hunne gebouwen hadden opgericht op oude, onderzeesche kraterranden. Darwin heeft aangetoond dat dit gevoelen door de waarneming wordt tegengesproken, en dat men moeielijk kan gelooven dat de



*White-Sunday-Isle*, een ringvormig koraalrif of atol, in den Pomotoe-archipel.

zeebodem overal over die groote uitgestrektheid zoo gelijkmatig opgeheven zou zijn geworden, als had moeten gebeuren indien de riffen op voormalige kraters waren gebouwd. Het is veel waarschijnlijker dat de grondslagen der koraaleilanden slechts natuurlijke hoogten van den zeebodem zijn, onderzeesche bergen welker toppen niet zeer diep onder den zeespiegel gedaald zijn, dat de geheele bodem dier zee thans min of meer dalende is, en dat de ringriffen en atollen ontstaan zijn op de wijze die wij boven hebben beschreven.

In het zeewater vindt men behalve de bovengenoemde stoffen ook nog, het is waar in bijna onmerkbaar kleine hoeveelheden, metalen, zooals ijzer, koper, lood en zilver. Het koper dat dient om zeeschepen te koperen, dat is met koperen platen te beslaan zoo ver zij in het water liggen, bevat soms zooveel zilver, dat men wel eens uit zulk oud scheepskoper zilver gehaald heeft. Eene zeer aardige berekening, gegrond op het getal zeeschepen, op hunnen ouderdom, den afstand dien zij op hunne reizen hebben afgelegd, en de hoeveelheid koperen platen die daardoor versleten zijn, heeft aangetoond dat de zee twee millioen ton zilver — een ton is 1000 kilogram — in oplossing moet bevatten.

Hoe zouter het water, des te zwaarder is het, zeiden wij boven. Dit blijkt ons duidelijk uit het zeewater, welks gemiddelde soortelijke zwaarte, vergeleken met die van volkomen zuiver water op 62° Fahr., is 1,0275 — een bedrag dat beantwoord aan 3,505 zouten ten honderd. Het zoute water is dus zwaarder dan het zoete, en daarom zal het zoete water der rivieren, van smeltende ijsbergen enz. vele mijlen ver op de oppervlakte der zee drijven, voordat de beide vloeistoffen volkomen met elkander vermengd zijn geworden. Daarom is het ook mogelijk om drinkbaar water als van de oppervlakte der zee af te roomen, op verscheidene mijlen afstands van den mond van groote snelstroomende rivieren, en daardoor ook ontstaan er verticale stroomen in den oceaan. Immers het water tracht altijd het evenwicht te herstellen Wij weten dat het water zijn minimum van volumen of zijne grootste dichtheid verkrijgt op eene temperatuur van 40° Fahr., en dat het lichter wordt naarmate het boven dat warmtepunt of er beneden daalt. En daardoor ontstaat er eene eeuwigdurende wisseling of circulatie in de wateren van den oceaan in horizontale richting, van de koude tot de warme, en van de warme tot de koude streken, en verticaal van de oppervlakte naar de diepte, en van de diepte naar de oppervlakte.

Het water is min of meer vatbaar voor samendrukking, en daaruit volgt dat het in de diepten dichter moet zijn dan aan de oppervlakte, en dus ook dat hetgeen aan de kusten kan gebeuren, onmogelijk moet zijn in de diepte. Proeven hebben geleerd dat het water op eene diepte van 160 vadem $\frac{1}{340}$ van zijne massa samengeperst is, en in die verhouding zou de drukking op een diepte van 1000 vadem gelijk staan met het gewicht van ruim 185 atmosferen. Het is een gevolg van die groote drukking dat de kurk in den hals van een

flesch gedrukt wordt, die men zeer diep in zee laat zakken, en dat stukken eikehout die men op groote diepte laat zinken, zoo ineengeperst worden dat zij naderhand niet meer op het water drijven. En daarom onderstelt men dat het niet mogelijk is, dat er planten of dieren, ten minste niet zulken als wij kennen, op groote diepten kunnen bestaan, en ofschoon sommige peilingen in de Noordpoolzee op eene diepte van 1260 vadem tegen dit gevoelen schijnen te strijden, is het toch nog in 't geheel niet uitgemaakt of het wel waar is, en wij mogen inmiddels met de meeste natuurkundigen blijven gelooven, dat de diepste plaatsen van den oceaan, gelijk de hoogste toppen van het land, onbewoond en onbewoonbaar zijn.

Wij hebben vroeger reeds gezegd dat gelijk het land zeer onregelmatig boven den waterspiegel der zee uitsteekt, ook de grond der zee zeer onregelmatig daalt beneden den waterspiegel. Alles wat wij door de duizende peilingen der zeelieden weten, bevestigt het feit dat er onder de wateren van den oceaan zijn banken en ondiepten, lage vlakten en plateaux, en nog lagere kuilen en dalen, en dat als de geheele zee droog gemaakt kon worden, wij op haren bodem juist zulke ongelijkheden, hoogten en laagten, zouden zien als op het drooge. Als wij op een bergtop staan, en naar de heuvelen en dalen beneden ons zien, dan mogen wij ons verbeelden dat wij den zeebodem zien, waarvan het water weggenomen is. De zeebodem is niets anders als de thans onder water liggende oppervlakte van vroegere landen, en, misschien met uitzondering van de koraalriffen en onderzeesche vulkanen, is er geen den minsten grond om te gelooven dat de kuilen en afgronden van den zeebodem dieper en steiler zijn dan die van het drooge land. Gelijk de ongelijkheden van het land afgesleten en rond gemaakt zijn door den invloed van lucht en water, en verborgen liggen onder lagen teelaarde, zand en klei, zijn de ongelijkheden van den zeebodem ook afgesleten en rond gemaakt door de afknagende werking van het water, en zijn bedekt geworden, behalve in den loop van de stroomen en getijen, door nog dikkere lagen van bezinksels en in het water drijvende stoffen.

Als een algemeene regel mogen wij aannemen dat waar het land langzamerhand naar den oceaan afhelt, ook de zee langzamerhand dieper wordt, en, aan den anderen kant waar het land steil afbreekt, ook de zee als plotseling dieper wordt. De noordelijke vlakten van Rusland en Siberie, bij voorbeeld, hellen langzaam af naar de ondiepe Noordpoolzee, en de steile zuiderpunten van Zuid-Amerika, Afrika en Australie eindigen als plotseling in de diepe wateren van den zuidelijken oceaan. De vlakten van China spreiden zich flauw hellende uit naar de ondiepe wateren der Gele zee, en de lage oostelijke kust van Engeland helt langzaam af naar de betrekkelijk ondiepe Noordzee, terwijl integendeel de steile kusten van Noorwegen als plotseling hun voet in diep water dompelen.

Door waarnemingen weten wij betrekkelijk weinig van de volstrekte diepte der zee, en zelfs waar zoogenoemde diepzeepeilingen gedaan zijn, is er

veel kans dat wij toch in dwaling verkeeren, vooreerst door dat het peiltoestel onvolkomen aan het doel kan beantwoorden, en ten tweede omdat, al is het toestel zoo goed mogelijk, toch de lijn waaraan het bevestigd is, door de kracht van stroomen diep in zee uit de loodrechte richting gebracht kan worden. De algemeene opvatting alsof de diepte der zee beantwoordt aan de hoogte van het land, mist allen grond, en ook is er geen het minste noodzakelijke verband tusschen die twee dingen. De gemiddelde hoogte van al het land — vasteland en eilanden, bergen en vlakten — is, gelijk wij reeds op een der eerste bladzijden van dit boek gezegd hebben, door von Humboldt geschat op ongeveer 300 meter, en de gemiddelde diepte van den oceaan is door La Place berekend op ongeveer 2600 meter. Wij weten echter dat een groot gedeelte der zee betrekkelijk ondiep is, en geen tiende deel van die genoemde diepte bedraagt, en dus, om dat gemiddelde te krijgen, moeten andere gedeelten wel tien maal dieper zijn. In het zuidelijke gedeelte van de Atlantische zee heeft men 4500 en zelfs 7500 vadem gepeild, en bij de groote bank van Newfoundland in het noorden van de Atlantische zee, eene diepte van 4165 vadem, terwijl men uit de snelheid der getijgolven, die voortgaan in verhouding tot de diepte van den zeebodem, berekend heeft dat de grootste diepte van de laatstgenoemde zee ongeveer 8000 vadem of 15,200 meter moet zijn.

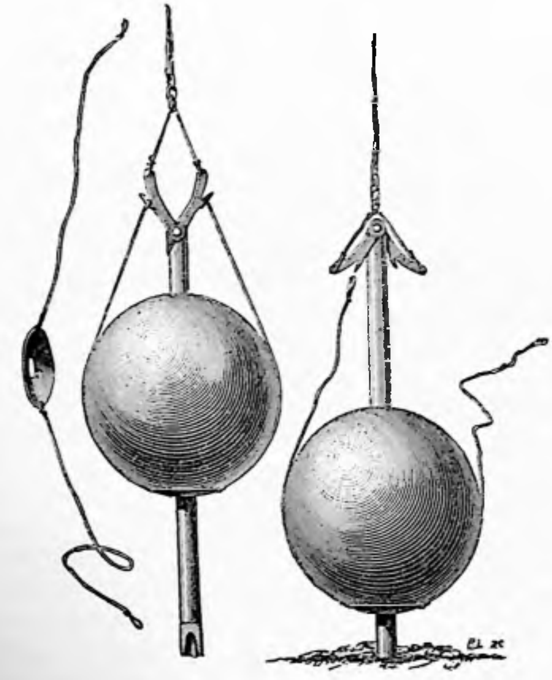
Wij spraken er boven reeds met een enkel woord over dat men de opgave, die sommige zeelieden van verkregene peilingen doen, niet altijd kan vertrouwen, omdat het toestel gebrekkig is. De amerikaansche schepen hebben allen een peiltoestel bestaande in een lijn van 10,000 vadem lengte, die op elke 100 vadem gemerkt is, en daaraan een kogel van 32 of een van 68 kilogram, terwijl de lijn van zelf afloopt. Om 400 tot 500 vadem af te dalen, heeft een kogel van 32 kilogram gemiddeld 2 minuten 21 seconden noodig, van 1000 tot 1100 vadem 3 minuten 26 seconden, van 1800 tot 1900 vadem 4 minuten 29 seconden enz. Zijne snelheid neemt dus vrij geregeld toe: als dus zijne snelheid van val, in plaats van al grooter en grooter te worden, eindelijk gelijk blijft, dan kan men daaruit besluiten dat de kogel op den zeebodem ligt, en dat de lijn nu door de kracht van een zeestroom afloopt. Het niet meer toenemen der snelheid zou dus een bewijs zijn dat de diepte bereikt is. Maar van wiskunstige nauwkeurigheid is hierbij natuurlijk geen spraak, en van een weer naar boven halen van den kogel ook niet, en die peilingen moesten dus telkens met eenige duizend meter lijn en 32 kilogram ijzer betaald worden, die de zee als eene belasting op de nieuwsgierigheid terughoudt.

Die zwarigheden voerden den amerikaansche kadet J. M. Brooke tot eene schrandere uitvinding, die de volgende figuren ons verduidelijken. Fig. 14 stelt het toestel voor zooals het, als men het laat zakken, aan het einde van de lijn hangt: het bestaat uit een doorboorden kanonkogel, waardoor heen een ijzeren staaf gaat. Deze gaat ten zelfden tijde door het gat van de schijf (in Fig. 16 afzonderlijk afgebeeld) op welke schijf de kogel rust, en die door twee, aan beide zijden van de schijf bevestigde touwen gedragen wordt. Die touwen zijn van bo-

ven op de volgende wijze bevestigd: aan het boveneinde van de staaf bevinden zich twee beweegbare klinken of tuimelaars, elk met een haak waarin de oogen of lussen der touwen hangen. Van boven gaan van de klinken twee korte touwen opwaarts, die zich met het onderste einde van de lijn vereenigen. Van onderen heeft de ijzeren staaf eene kleine holte die, gelijk ook het geheel ondereinde der staaf, met talk of kaarssmeer bestreken is. Als nu het toestel tegen den grond der zee aanstoot, dan gaat tevens de kracht verloren die de klinken naar boven gericht hield, en dezen moeten door de zwaarte van den kogel, (die nu van de staaf, die op den grond steunt, moet afglijden) naar beneden getrokken worden, waardoor de oogen der touwen uit de haken moeten glippen. Dit vertoont Fig. 15. De kogel blijft nu met de schijf en de touwen op den grond liggen; de lichte ijzeren staaf wordt vrij, en kan weder naar boven getrokken

Fig. 14. Fig. 15.

Fig. 16.



Het peiltoestel van Brooke.

worden, waarbij zij een weinig van den bodem der zee mede naar boven neemt, dat bij het aanstooten tegen den grond aan de talk vastgekleefd is. Met zulk een dieplood heeft men reeds monsters van den zeebodem uit eene diepte van 2 eng. mijl naar boven gebracht.

Honderden kanonkogels zijn sedert de vaststelling van de amerikaansch-europeesche telegraaflijn, in den dienst der wetenschap en der kunsten van den vrede, uit de arsenalen van beide werelddeelen uitgegeven geworden.

Door middel van dit toestel heeft de beroemde MAURY den bodem van den Atlantischen oceaan kunnen onderzoeken, en daarvan eene orografische kaart gemaakt, die zeker niet minder nauwkeurig is dan onze landkaarten die het relief van Afrika of van Nieuw-Holland voorstellen. Uit die kaart blijkt het dat

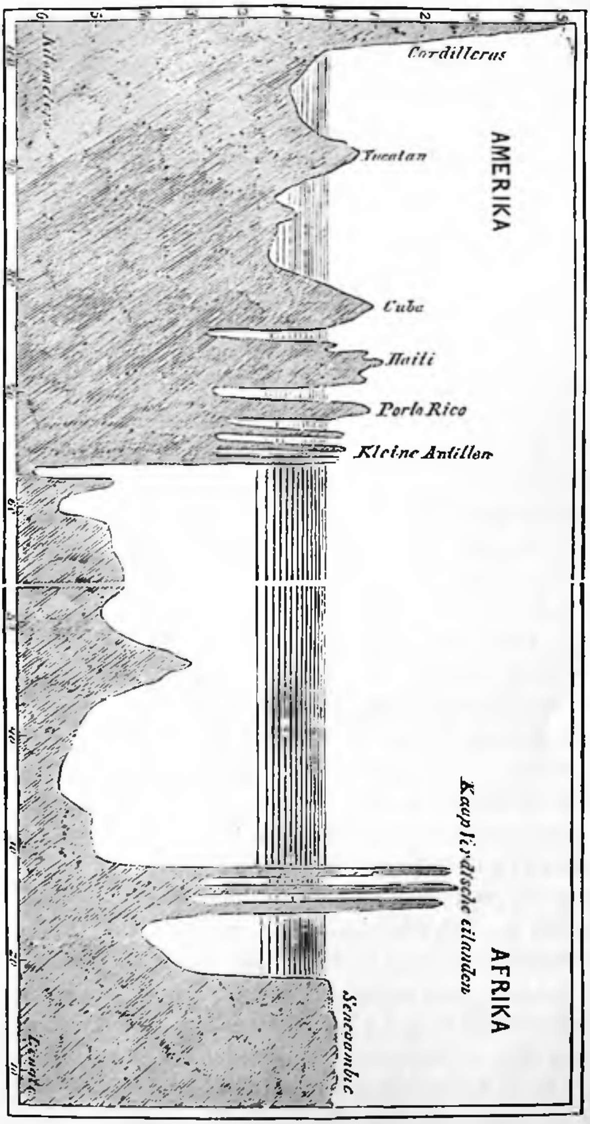



Fig. 17.

Denkbeeldige doorsnede van de Atlantische zee.

de Atlantische zee een soort van trog of groote sleuf is, die de Oude Wereld van de Nieuwe scheidt. Van den top van den Chimborazo tot op de diepste plaats van dit groote dal, is de verticale afstand ongeveer 13 tot 14 mijl:

het laagste punt is waarschijnlijk tusschen de Bermuden en de bank van Newfoundland, maar hoe diep het daar is, weet men nog niet precies. „Als het water, zegt MAURY, weggenomen kon worden uit deze diepe sleuf, die de twee groote vastelanden scheidt, zou het geraamte der aarde om zoo te zeggen ontbloot en voor ons zichtbaar worden, en in de kuilen en kloven van den zeebodem zouden wij waarschijnlijk de bewijzen van tallooze schipbreuken vinden. Wij zouden dan een vreesselijke vermenging zien van menschebeenderen en wrakken, van zware ankers en paarlen en andere kostbaarheden, een phantastisch beeld, dat reeds menige droom onrustig gemaakt heeft." De figuur op de vorige bladzijde is eene denkbeeldige verticale doorsnede van dien zeebodem. De getallen links geven de diepte der zee en de hoogte van het land te kennen; en wij zien dat op 60° W.L. eene diepte ligt, die de hoogte van het Andesgebergte verre overtreft. Het behoeft nauwelijks gezegd te worden, dat de lengte dezer lijn geenszins in eene gevorderde verhouding staat tot de maten van hoogte en diepte. Daarvoor moest de teekening veel langer geweest zijn, en daarom schijnen de doorgesnedene eilanden ook veel te smal. Echter zouden de Kaap-Verdische eilanden zich toch als steile, afzonderlijke bergen vertoonen, als wij hen van den zeebodem af konden zien.

Men heeft wel eens gevraagd: waartoe dienen toch die onderzoekingen van den zeebodem, wat kan het ons schelen hoe het daar in de diepte is? Op die vraag zou men kunnen antwoorden met de vraag van FRANKLIN, toen men hem vroeg waartoe de uitvinding der luchtballon kon dienen — Waartoe dient een pasgeboren kind? Elk physisch feit is op zich zelf reeds eene belangrijke zaak, het is eene schakel die naderhand misschien met anderen verbonden zal worden, tot een zeer lange keten van waarheden. Het belang van die zeepeilingen is ons gebleken, door alles wat er reeds gedaan is ten einde het leggen van telegraafkabels in de zee te bevorderen, en vooral bleek dit bij het leggen van den eersten telegraafkabel tusschen Europa en Amerika. Immers onderzoekingen, met het oog daarop gedaan, hebben geleerd dat er tusschen Newfoundland en Ierland eene hoogvlakte gevonden wordt ter lengte van 3000 mijl en ter breedte van 700 mijl, op eene gemiddelde diepte van 3 of 4 mijl onder den waterspiegel. Het is op dat telegraafplateau, zooals men het genoemd heeft, dat de eerste transatlantische telegraafkabel in 1858 werd nedergelegd, waarop ook de latere pogingen om zulk een kabel te plaatsen genomen zijn, toen de eerste proef mislukt was, en waarop thans nog, in 1879, de draad die twee werelden vereenigt, rust, nu het gelukt is hem veilig en behouden over te leveren aan den zeebodem. De oppervlakte van dat plateau was van te voren herhaalde malen met het toestel van BROOKE onderzocht, en daardoor was het gebleken dat de bodem te dier plaatse voornamelijk bestaat uit mikroskopische kalkpantsers van foraminiferen en eenige kwartspantsers van diatomeeën. Deze zeer teedere en brooze schelpjes die in dikke lagen het telegraafplateau bedekken, werden in volkomen welbewaarden toestand door het dieplood naar boven gebracht, waaruit men afleidt dat het water op die diepte volkomen in rust is. Het mislukken

van de onderneming om een kabel neder te leggen op dat plateau, was dus, althans wat de eerste keer betrof, niet te wijten aan golfslag en stroomen of andere heftige bewegingen van het water, maar schijnt eerder geweten te moeten worden aan de inductiestroomen, waartoe de nabijheid van de metalen bekleeding van den kabel en de ijzer- en koperdraden, waaruit hij bestond, aanleiding gaven. Daarom heeft men later ook eene proef genomen met een kabel zonder metalen omkleedsel.

Doch dit is een onderwerp waarbij wij ons hier niet mogen ophouden: wij willen nog een oogenblik over het telegraafplateau spreken, omdat op het oogenblik, waarop deze regelen in druk verschijnen, dagelijks gebruikt gemaakt wordt van den telegraafdraad die twee werelden verbindt. De eerste onderzoeking van het telegraafplateau geschiedde in 1853 door de amerikaansche brik *the Dolphin*, die het dieplood uitwierp op elke 100 zeemijl van Noord-Amerika tot de kust van Schotland. Vervolgens richtte men zich naar de Azoren, en vond ten noorden van die eilanden een uit kalk en zand bestaanden bodem op 1000 vadem en ten zuiden van Newfoundland vond men meer dan 5 mijl diepte. In 1856 deed de luitenant Berryman met de amerikaansche stoomboot *the Arctic* eene reeks van peilingen tusschen St. John op Newfoundland en Valentia in Ierland, en in 1857 deed de luitenant Dayman met de engelsche stoomboot *the Cyclope* het zelfde. De figuur op blz. 17 vertoont de uitkomsten van die laatst bedoelde peilingen, gedaan op eene lijn die een weinig verschilde van die in het vorige jaar door Berryman gevolgd was.

Nu nog eenige opmerkingen over de diepte der zee op andere plaatsen, en daarna gaan wij tot andere beschouwingen over. In de golf van Mexico schijnt de diepte ongeveer 2 mijl te bedragen. De Oostzee is betrekkelijk ondiep: de grootste diepte gaat in die zee geen 340 meter te boven. Volgens de Saussure is de diepte dier zee bij Nizza 100 meter. Tusschen Dalmatie en den mond van den Po is zij 44 meter. Kapitein Smyth vond in de straat van Gibraltar 300 tot 900 meter, tusschen Gibraltar en Ceuta 1800 meter, tusschen Alexandrie en Candia 3100, op 165 mijl ten westen van Malta 4600 meter: de Middellandsche zee heeft dus den vorm van een zeer grooten trechter.

De noordelijke Poolzee is, gelijk wij boven reeds gezegd hebben, niet zeer diep. Volgens Wrangel is de bodem van de IJszee ten noorden van Siberie een flauwe helling, en op een afstand van 280 mijl van de kust vond hij nog eene diepte van slechts 25 tot 30 meter. Maar in de Baffinsbaai heeft Kane eene diepte van 3500 meter gepeild.

Het relief van den bodem der Stille zee is verre van nauwkeurig bekend. De grootste diepte in die zee, door luitenant Brooke gevonden, is 2700 vadem, 4940 meter; die plaats bevindt zich op 59° NB. en 166° WL. Naar de snelheid der golven die van Japan naar de kust van Californie vloeiden, gedurende de aardbeving van den 23sten December 1854, heeft Prof. Bache berekend dat de gemiddelde diepte van dit gedeelte der zee 4330 meter moet wezen.

Overal waar in de Stille en Atlantische zeeën het dieplood van Brooke uit-

geworpen wordt, haalt men het weer op met de stoffen waaruit de zeebodem bestaat, klevende aan de staaf die met talk is besmeerd. Onderzoekt men dat slijk met den mikroskoop, dan blijkt het dat het grootendeels bestaat uit de kleine kalk- en kwartspantsers van diatomeeën en polycystinen en de kwartspicula van sponsen. In het algemeen schijnt de bodem der Atlantische zee meer kalkachtig, en die van de Stille zee meer kwartsachtig te zijn. Ehrenberg vooral is de geleerde die door zijne schoone onderzoekingen van de organismen die den zeebodem bedekken, onze kennis van deze uiterst kleine schepseltjes zeer heeft uitgebreid. Die diertjes nemen de minerale stoffen die in het zeewater opgelost zijn, uit het water tot zich, en gebruiken die tot den opbouw hunner fraaie kalkschelpen, schalen, schilden en pantsers. De millioenen en nogmaals millioenen dier mikroskopische schelpjes bedekken den grond der zee in dikke lagen. De diertjes leven aan de oppervlakte, of even daar beneden, en als zij sterven zinken hunne pantsers naar den bodem, waar die atomen, in myriaden bijeen, eindelijk dikke slijklagen vormen. En op diezelfde wijze zijn ook in vorige tijden een groot gedeelte van de tegenwoordige vastelanden gevormd: dikke gesteenten uit het juratijdperk en vooral uit het tijdperk van het krijt, zijn op deze wijze in zee gevormd: de St. Pietersberg bij Maastricht is hiervan een duidelijk voorbeeld.

### c. DE TEMPERATUUR, DE KLEUR, HET LICHTEN ENZ. DER ZEE.

Er zijn nog niet veel goede waarnemingen betreffende de temperatuur van den oceaan gedaan, vooral niet wat de temperatuur op matige diepten aangaat. Wij weten echter dat zij minder afwisselend is dan die van het land; dat het zeewater aan de oppervlakte in den zomer kouder is, en dat het in den winter verscheidene graden warmer is dan het naburige land, en daaruit volgt dat de zee eigenlijk een groote bewaarplaats van warmte is, waardoor het klimaat van het land, dat nabij de zee gelegen is, gewijzigd en gematigd wordt.

De oppervlaktetemperatuur is natuurlijk het hoogst onder den evenaar, of liever op een gordel die zich van 0° tot 8° aan weerszijden van den evenaar uitstrekt, en vermindert dan langzaam naar beide polen heen, doch over het algemeen sneller op het zuidelijke dan op het noordelijke halfrond. In dien evenaarsgordel is de temperatuur van 78° tot 88° — bij uitzondering heeft men 87° tot 88° in sommige gedeelten van de Indische golf en in de golf van Mexico gevonden.

Hoewel wij dus mogen aannemen dat de temperatuur der oppervlakte afwisselt naar de breedten, van 80° onder den evenaar tot het ijs van de polen, heeft men echter bevonden dat de zee op zeer groote diepten altijd en onveranderlijk eene gemiddelde temperatuur heeft van 39½° Fahr. Volgens de waarnemingen van Sir John Ross ligt de gordel van de gemiddelde temperatuur der zee op het zuidelijk halfrond tusschen de 56ste en 59ste breedteparallellen; op dien geheelen gordel heeft men overal de temperatuur van 39½° gevonden op alle diepten, van de oppervlakte tot op den bodem. Ten zuiden van

dien gordel is, ten gevolge van de afwezigheid der zonnewarmte, de oppervlakte kouder, en de gemiddelde van 39½° wordt op den 70sten parallel niet bereikt, voor dat men op eene diepte van 1400 meter gekomen is: beneden deze is de warmte tot op den bodem overal 39½°, terwijl de oppervlakte-temperatuur slechts 30° is. Ten noorden van de lijn van gemiddelde temperatuur is, ten gevolge van het opslorpen der zonnewarmte, de oppervlakte warmer, en op den 45sten parallel wordt de gemiddelde 39½° eerst op 1100 meter gevonden, terwijl men onder den evenaar tot 2200 meter dalen moet eer men die temperatuur aantreft, en dit blijft dan zoo op alle diepten daar beneden, hoewel de oppervlakte 80° is. Wij mogen aannemen dat iets dergelijks op het noordelijke halfrond plaats heeft, en dus moeten er drie groote gordels van zeetemperatuur zijn — een evenaarsgordel en twee poolgordels, de eerste gekenmerkt door warm en de laatsten door koud water aan de oppervlakte.

Dit is alles wat wij met voldoende zekerheid van de temperatuur der zee in het algemeen weten. Binnenzeeën en zeestroomen kunnen kouder of warmer zijn, naar mate van hunne ligging en naar de plaatsen van waar zij komen. De oppervlaktetemperatuur van de Golf van Mexico, bij voorbeeld, is onderscheidene graden warmer (86° en 88° is zij) dan die van de Atlantische zee op dezelfde breedte. De wateren van den Golfstroom zijn ook verscheidene graden warmer over een groot gedeelte van zijnen loop, dan het water waardoor hij heen vloeit. „Men mag als een algemeene regel aannemen, zegt Maury, dat de temperatuur van alle binnenzeeën op groote diepten bijna gelijk is aan die van het land op de aardbreedten waar zij gelegen zijn, terwijl in den oceaan de lage temperatuur op den bodem op elke breedte veroorzaakt wordt door de koude stroomen, die eeuwig uit de poolstreken komen, en het water op een bijna standvastige temperatuur houden — die van zijne grootste dichtheid, 39° Fahr."

Men wil waargenomen hebben dat het zeewater kouder is op ondiepe plaatsen en aan de kusten dan in volle zee. Von Humboldt verklaart dit verschijnsel door te onderstellen dat het water uit de diepte als bij de helling van den bodem opklimt, en zich met de oppervlakkige lagen vermengt. Niet zelden vormt er zich mist boven banken en ondiepten, en dit verklaart men doordat de koude van het water dáár de waterdamp van de lucht verdicht en doet nederploffen.

Behalve over de zoutheid, dichtheid, diepte en temperatuur der zee moeten wij ook nog even spreken over de k l e u r en het l i c h t e n van het zeewater. In kleine hoeveelheden is het water kleurloos, maar in eene groote hoeveelheid vertoont het zeer zeker een bijzondere kleur, die hier en daar verschilt, en geheel onafhankelijk is van de kleur des hemels, die op de oppervlakte van het water als in een spiegel wordt weerkaatst. Zoo worden in de volle zee ondiepten gekenmerkt door eene groene kleur van verschillende tinten, terwijl de diepten te erkennen zijn door een donkerblauwe kleur. Of dit verschil een gevolg is van de grootere massa of van een of ander onderscheid in de zouten, is nog niet voldoende bekend, maar het feit is waar, en „zeegroene golven" en

„donkerblauwe wateren" zijn wel iets meer dan dichterlijke fantasien. Over het algemeen is de oceaan helder doorschijnend, zelfs zoo dat men onder gunstige omstandigheden voorwerpen op eene diepte van 100 tot 120 meter op den bodem kan zien liggen, dat is ongeveer half de diepte waartoe het zonnelicht ondersteld wordt in den afgrond der wateren te dringen. Maar op sommige plaatsen is dit geenszins het geval: er komen toevallige en zelfs standvastige kleuringen van de zee op enkele plaatsen voor, als gevolgen van een gekleurd rivierwater dat er in vloeit, van bijzondere toestanden des bodems, of van ontelbare myriaden plantaardige en dierlijke organismen, die in het water leven: vandaar de namen rood, wit, zwart, geel enz. die men aan sommige gedeelten der zee gegeven heeft, zooals de Roode zee, de Gele zee en anderen.

Hoewel wij boven gezegd hebben dat de kleur der zee onafhankelijk is van den hemel daar boven, moet men evenwel niet denken dat de kleur volkomen gelijk blijft of de lucht bewolkt is of helder, of de zee in beweging of in rust is, enz. Bij een helderen hemel is de kleur donkerder blauw dan de lucht; bij betrokken lucht wordt zij donkergroen, en soms zelfs bruinachtig, als het water tevens in hevige beweging is. Bij het ondergaan der zon krijgt de zee soms purpuren en smaragdgroene tinten.

Eene menigte ander omstandigheden hebben bovendien invloed op de kleur van de zee. Een zandgrond geeft aan het water, als het niet diep is, eene grijsachtige of vuilgroene kleur, en hoe geler het zand is, des te donkerder wordt het groen van het water. De aanwezigheid van riffen wordt niet zelden ontdekt door de donkere kleur van het water in hun omtrek. In de golf van Loango schijnt het water rood te zijn, omdat de bodem daar een roode leemgrond is.

Wij zeiden zoo even dat de zee hier en daar gekleurd wordt door myriaden van levende organismen. De roode en gele kleuren die de zee op sommige plaatsen vertoont, worden veroorzaakt door mikroskopische plantjes. Op de Atlantische zee, bij de Abrolhos-eilanden, zeilde het engelsche schip *Sulphur* verscheidene dagen aaneen in bloedrood water, hetwelk door een klein plantje, *Trichodesmium Hindsii* geheeten, gekleurd was. Ehrenberg en na hem Evenor Dupont vonden de Roode zee over eene groote uitgestrektheid steenrood tot bloedrood gekleurd, door het uiterst kleine *Trichodesmium Ehrenbergi* of *erythraeum*, waarvan 40,000 tot 60,000 individuen slechts eene kubiek milimeter uitmaken. De fransche natuuronderzoeker Camille Dareste zegt dat de kleur der Gele zee van gelijken oorsprong is. Die zee is op de eene plaats meer geel, en op de andere meer rood van kleur. Die kleuren gaan evenwel niet langzamerhand in elkander over, maar zij vormen groote, scherp afgezonderde plekken, door volkomen heldere tusschenruimten van elkander gescheiden. De roode kleur vertoont zich vooral in de eigenlijke Chineesche zee, Nan-hai, van de zuidkust van China tot ten zuiden van het eiland Formosa; de gele kleur voornamelijk in de Gele zee, Hoang-hai, ten noorden van Formosa. Dareste en Montagne vonden in het bruine slijk van den bodem, beneden de roode plaatsen, de overblijfselen van *Trichodesmium erythraeum* zonder andere bijmengselen. Het zelfde plantje kleurt ook de zee

rondom Ceylon: zoodat het niet slechts tot de wezens behoort die in de grootste menigte voorkomen, maar ook tot die het verst over de aarde zijn verspreid.

Bij Callao, op de peruaansche kust, heeft de Stille Zee op eene diepte van 120 vadem eene olijfgroene kleur, die van kleine diertjes afkomstig schijnt te zijn, omdat het water, op gloeiende kolen gesprenkeld, een reuk als van verbrandende dierlijke stoffen verspreidt. Eene dergelijke kleur heeft ook een groot gedeelte van de zee bij Groenland, soms in afzonderlijke strooken, 'soms ook in vlekken van 30 tot 40 mijl groot. Hier zijn het uiterst kleine kwallen, medusen, die in eene ontzachlijke hoeveelheid de wateren vervullen. SCORESBY berekent dat er 24 billioenen op eene engelsche vierkante mijl leven, wat op eene oppervlakte van 20,000 tot 30,000 vierkante mijl eene som geeft, waarvan het sterkste hoofd duizelt. Elke slok van dit water, waarin de walvisch zich het liefst ophoudt, voorziet hem zonder dat hij daartoe meer moeite doet dan den mond te openen, overvloedig van spijs. Van het zelfde belang voor den walvisch in de zuidelijke zeeën is een klein schaaldier, de *Cetochilus australis.* Een vreedzaam contrast met de bloedroode kleur der zee vormen aan de kust van Guinea en bij kaap Palmas dergelijke kleine diertjes, die de zee eene melkkleur geven.

Eveneens zijn het ook mikroskopisch kleine diertjes die het zonderlinge l i c h t e n d e r z e e veroorzaken. In stille, warme zomernachten vooral, maar ook in sterreheldere herfstnachten ziet men dat prachtige lichten der zee. Men noemt het ook wel het p h o s p h o r i s e e r e n d e r z e e, en niet te onrecht, want het is werkelijk een phosphorisch licht dat de golven geven, als zij lichten. Zoodra het water bewogen wordt, vertoont zich een witgeel- en blauwachtigen gloed op alle toppen der golfjes, en op den rug der kringen die in het water ontstaan, als men er iets in werpt. Dat lichtschijnsel hecht zich aan de riemen van den roeier, en aan het roer, het schijnt als een lichtende streep achter het vaartuig te slepen, en spat op voor de kiel in een lichtgevend schuim. Waar het water bij steenen of palen opspat, ziet men licht, en als men het met de hand opschept, loopt er als 't ware vloeibaar licht door de vingers heen. Niet altijd is het lichten der zee even sterk, het schijnt zoowel van de plaats waar het zich vertoont, als van het weêr en van het jaargetijde af te hangen.

Er is tegenwoordig geen twijfel meer aan of het lichten der zee ontstaat door duizenden van kleine zeediertjes, die bij nacht aan de oppervlakte komen en een eigen licht verspreiden. Met het bloote oog gezien, gelijken die diertjes op kleine ronde slijmbolletjes, maar onder den mikroskoop ziet men dat zij een soort van slurf hebben, die zij telkens uitsteken en inhalen, en dat zij vrij snel rondzwemmen.

Behalve van deze mikroskopische diertjes kan het lichten der zee soms ook nog van andere oorzaken afhankelijk zijn. Zoo wil men dat tusschen de keerkringen de golven soms verlicht worden door eene soort van zeekwal, *Pyrosoma*, een slijmachtige zak van een paar centimeter lang die, op het scheepsdek ge-

worpen, zooveel licht geeft als een stukje witgloeiend ijzer. Ook rottende dierlijke stoffen geven soms aanleiding tot dit verschijnsel, zooals Becquerel en Breschet in de zee bij Venetie hebben waargenomen.

## *d*. DE GOLVEN DER ZEE.

Gelijk alle andere vloeistoffen, welker deeltjes vrij zijn om voor elken indruk te wijken, zijn ook de wateren van den Oceaan onderworpen aan verschillende bewegingen, waarvan de voornaamsten golven, getijen en stroomen geheeten worden. De golven ontstaan door den wind, en somtijds door de aardbeving, de getijen worden door de aantrekking van de maan en de zon veroorzaakt, en de stroomen voornamelijk door de eigenschap en de steeds bestaande neiging van wateren die eene verschillende dichtheid en temperatuur hebben, om het evenwicht te herstellen als het verloren gegaan is. Laat ons eerst zien wat golven zijn, en iets zeggen over de hoogte, de snelheid en de kracht der golven.

Zelden is de oppervlakte der zee zoo ver het oog reikt volkomen effen en spiegelglad. Bijna altijd is zij als gekruld door kleine oneffenheden, bijna altijd ook rijst en daalt zij in groote, hetzij vlakke of ronde, hetzij steile en als afgebrokene hoogten en laagten, die bestendig van plaats veranderen, en die men golven noemt. Over het wezen der golven maakt men zich, wanneer men slechts naar den schijn oordeelt, dikwijls zeer verkeerde voorstellingen. Men meent in de golven watermassa's te zien, die over de algemeene watervlakte heen rollen, zoodat daardoor het water van de eene plaats naar de andere voortwandelt. In waarheid is de golf niets als eene beweging, een rijzen waarop een dalen volgt, en dat van plaats tot plaats voortgaat. Werpt men kleine drijvende lichamen, b.v. haksel van stroo, op het water, en laat men dan het water vloeien, dan worden zij mede voortgesleept. Geeft men slechts eene schommelende beweging aan het water, dan danst het haksel wel op en neêr, maar het blijft waar het was, terwijl toch de golven elkander over de oppervlakte schijnen te volgen.

Werpt men een lichaam, een steen bij voorbeeld, in het water, dan ontstaan er golven. Wat gebeurt er? De steen maakt een kuil in het water, het water daalt te dier plaatse, maar in den omtrek van de kuil rijst het min of meer op. Het zoo gedaalde water gaat weêr naar boven, het zoo gerezene weêr naar beneden: in een woord, er ontstaan eene menigte schommelingen op en neêr. Deze kunnen echter niet geschieden zonder dat elke opzwelling op zekere plaats rondom eene daling, en zonder dat elke daling rondom eene opzwelling veroorzaakt. Zoo ontstaat er eene kringvormige zwelling, een golfberg of eene kringvormige inzinking, een golfdal. Berg en dal wisselen in dien ring menigvuldig af. Die eerste golfring verwekt noodzakelijk een tweeden, die hem omringt, en deze wederom een volgenden. Maar tevens wordt de eerste ring wijder. Wijl namelijk van de waterdeeltjes die hem vormen, de binnensten eerder opgeheven worden dan de buitensten, vallen zij ook eerder weder naar beneden dan

de laatsten. Doch in de zelfde mate als het vallen naar binnen, moet ook het oprijzen naar buiten zich voortplanten. Zoo rijzen dus de deeltjes die zich vóór den ring bevinden, terwijl die er binnen zijn dalen. De ring schijnt derhalve naar buiten zich uit te zetten of te verwijden, terwijl toch het water slechts op en neêr schommelt. Het water dat aan de binnenzijde van den ring valt, veroorzaakt niet slechts naar buiten eene voortdurende oprijzing, maar doet zulks ook naar binnen, zoodat er zich binnen den eersten golfring weldra een tweede vormt, die, daar hij zich niet naar binnen kan uitbreiden, maar dáár in één punt samenloopt, ook naar buiten moeten voortschrijden. Zoo verwekt elke golfring anderen naar buiten en naar binnen, die van binnen naar buiten voortgaan. Elke golf wordt, hoe verder zij voortgaat, langzamerhand vlakker en breeder, en verdwijnt op die wijze ten laatste geheel en al. Werpt men een steen in het water, dan kan men weldra een vijftigtal van zulke ringgolven tellen, die elkander volgen, en zóó verloopen dat eindelijk daar, waar de steen het water nederstiet en de golfvorming begon, het water het eerst weder tot rust komt. Verwekt men op twee plaatsen, dicht bij elkander, b. v. door twee steenen in het water te werpen, twee golfringen, dan doorkruisen dezen zich. Daarbij wordt op elke kruisingsplaats de golfberg tweemaal hooger dan zij anders zou zijn. Worden er op vele plaatsen zulke golfringen verwekt, dan doorkruisen zij elkander in hun uitbreiden zóó dikwijls, dat men nauwelijks nog de regelmatige bogen der ringen kan herkennen, terwijl het geheel een bont gewoel van golfbergen en golfdalen schijnt te zijn.

De zwaarte waarmede de lucht op het water drukt, is steeds overal zeer ongelijk. Daardoor wordt ook het evenwicht, het waterpas, van den waterspiegel voortdurend nu hier en dan daar verbroken. Een gevolg daarvan is dat er van elke plaats, waar eene verandering van de luchtdrukking geschiedt, een golfring uitgaat. Bovendien verplaatst elke windvlaag het water en doet het schommelen, gelijk een steen, die er in geworpen wordt, mits dat de gevolgen veel uitgestrekter zijn dan bij zulk eene proef in het klein. Op vele plaatsen ontstaan er dus elk oogenblik golfringen, en die ringen doorkruisen elkander in alle richtingen. Zoo verkrijgt de oppervlakte der zee het voorkomen dat zij gewoonlijk heeft: een eindeloos gewoel van waterbergen die bestendig door elkander heen schijnen te storten, en waartusschen eveneens bestendig waterdalen gezien worden. Menigmaal is eene golf slechts een klein gedeelte van een golfring, zoodat men volstrekt niet meer zien kan tot welken ring zij behoort. Niet zelden echter rollen de golven in den vorm van lange dammen achter elkander voort, en men erkent dan in zulke waterbergen gedeelten van zeer groote kringen.

Golven ontstaan er in elk gedeelte van den oceaan: de wind vooral brengt overal het water aan de oppervlakte in beweging, en doet, gelijk wij zoo even zagen, het zelfde wat een steen doet, die in het water geworpen wordt: hij verwekt golvingen die, naar mate van de kracht waarmede hij op de watervlakte werkt, afwisselen van een nauw merkbaar gekabbel tot waterbergen van 10 tot

15 meter hoog. In diepe en opene zeeën verwekt een aanhoudende wind slechts eene op- en neergaande beweging der oppervlakte, en deze schommeling, zelfs al wordt de golf 15 meter hoog, wordt op eene diepte van 220 vadem in 't geheel niet meer bespeurd. Maar in nauwe en diepe zeeën wordt het onderste gedeelte van de voortschrijdende golf tegengehouden door de wrijving op den bodem: het bovenste gedeelte behoudt de beweging die het door den wind verkregen heeft, en gaat dus sneller voort dan het onderste. De wind stuwt dus de watermassa van de golfhelling, die hij onmiddellijk aanraakt, voor zich uit, terwijl het water van de andere helling, dat door den golfberg als 't ware voor den wind beschut is, niet zoo snel voortgestuwd wordt. Daardoor worden dus de golfbergen aan de voorzijde steiler dan aan de achterzijde: de kruin hangt voorover, en bij sterken wind zelfs zoo veel, dat het water van de kruin bestendig over de voorste helling heenstort. De wrijving van den wind op de tallooze oneffenheden die door den golfslag aan de oppervlakte der wateren ontstaan, vermenigvuldigd door de overal terugstuitende en overal op nieuw tegen aan stootende windvlagen, veroorzaakt eene oneindige menigte kleine golven op de hellingen der groote golven. Daardoor ontstaan die eigenaardige krullende golven, zoo wel in de wateren der zee als in de stille wateren van het meer.

Als de golven van alle kanten door elkander woelen, wordt er steeds eene groote hoeveelheid lucht door het water opgevangen en mede in de golfbeweging betrokken. Hoe schielijk deze zich ook, ten gevolge harer lichtheid, in de gedaante van blazen of bellen uit het water tracht te verwijderen, ziet men toch die telkens weêr op nieuw ontstaande luchtblazen als een wit schuim op de vlakten, maar vooral op de kruinen der golven.

De eigenlijke golfringen zijn veel breeder dan hoog. De wild door elkander woelende golven eener onstuimige zee laten de breedte der afzonderlijke golfringen even weinig erkennen, als de wijze waarop zij onderling samenhangen. Zij zijn eigenlijk niets anders als de elkander doorkruisende en door de kruising verdubbelde kammen en kruinen der golven.

Wij zeiden boven reeds met een enkel woord dat zelfs een golf van 10 tot 15 meter hoogte op eene diepte van een paar honderd vadem niet meer merkbaar is. De golfbeweging is slechts eene zeer oppervlakkige beweging: duikers vreezen niet om zelfs bij hevigen storm op den bodem der zee te werken, wijl zij dáár geen hinder hebben van het oproer aan de oppervlakte. Desniettemin is de beweging der golven aan de oppervlakte des te grooter en des te schielijker hoe dieper het water is. Vooral uit de snelheid waarmede de golven voortgaan, kan men tot de diepte van het water besluiten, en naar waarnemingen, uit dit oogpunt gedaan, heeft men de gemiddelde diepte der zee getracht te berekenen. Hoe ondieper het water is, des te meer worden, vooral door de wrijving op den grond, golven verwekt die over elkander heen storten. Het woelen van zulke golven op vlakke stranden of op banken en ondiepten noemt men b r a n d i n g. Vooral waar een uit het water stekend voorwerp, eene kust of eene rots, den voortgang der golven plotseling afbreekt, ontstaan de sterkste

brandingen. Daar stapelt het water zich somtijds op, schuimend en bruischend, tot hoogten van meer dan dertig meter. Zóó aan de kust van Helgoland, waar een baak de schepen waarschuwend terugwijst; zóó op de klip Eddystone, $1^1/_2$ mijl van de kust van het engelsche graafschap Devonshire verwijderd, waarop een vuurtoren staat van 46 meter hoog, en toch slaan de schuimende golven daar soms overheen. En integendeel, door alles wat de wrijving en drukking van den wind op de oppervlakte vermindert, ijsschotsen, drijvend zeewier, olie en dergelijken, vermindert ook het in golven woelen van het water, en zelfs bij mist en regen is de zee niet zoo ruw als bij helder en droog weer, als een gevolg van de verminderde neiging der lucht om water tot zich te nemen, en de tevens noodzakelijk verminderde wrijving op de oppervlakte.

De zeelieden geven onderscheidene namen aan de golven: kleine golfjes die bij een zachte bries ontstaan, noemen zij k a b b e l i n g; lange golvingen veelal g o l v e n; kortere golvingen aan de kust r o l l e r s en b r e k e r s; de golfberg op het strand b r a n d i n g, en de groote en lange golven, die men soms bij windstilte waarneemt en die door een storm op een andere plaats der zee voortgebracht zijn, g r o n d g o l v e n of de d e i n i n g. Maar al deze onderscheidingen behooren meer te huis in een leerboek der zeevaartkunde, dan in onze schets van hetgeen o p e n i n d e a a r d e waar te nemen is, en dus houden wij er ons niet langer bij op.

Over het algemeen wordt de hoogte der w i n d g o l v e n vooral daarom steeds te hoog geschat, omdat men vooreerst moeielijk juiste waarnemingen kan doen, als men zich te midden van het gewoel der golven bevindt, en ten tweede omdat de bewustheid van het gevaar waarin men dan verkeert, een zeer bijzonderen invloed op het gemoed van den waarnemer heeft. Bedaarde waarnemers beweren dat de hoogste golven gezien worden bij de Kaap de Goede Hoop als er een storm uit het noordwesten waait: de golven worden dan zelfs hooger dan 12 meter, dat is van het diepst van het golfdal tot den kam van den golfberg. Bij kaap Hoorn worden de golven soms 10 meter hoog, en in het noorden van de Atlantische zee zijn golven van 6 tot 8 meter hoogte niets ongewoons. In de Noordzee echter gaan zij zelden 3 of 4 meter te boven, en alle praatjes van golven „als bergen zoo hoog" zijn niets anders als uitdrukkingen door dichters uitgedacht, maar die blijken niets te zijn als overdrijving, om geen erger woord te gebruiken. Die slechts eenmaal gedurende een storm aan het strand der Noordzee heeft gestaan, zal, indien hij geen dichter is, toestemmen dat golven van 4 meter hoog in de zee geen dagelijksche verschijnselen zijn. Desniettemin heeft men op plaatsen waar de golven overigens niet zeer hoog zijn, toch wel zeer hooge golven waargenomen, als een gevolg van bijzondere oorzaken, waarvan wij zoo even den vuurtoren van Eddystone als een voorbeeld aanhaalden.

Doch al mogen de golven die door den wind worden veroorzaakt, over het algemeen niet zeer hoog zijn, anders is het met a a r d b e v i n g s g o l v e n: de geheele watermassa van den omtrek waarin de aardbeving werkt, wordt dan plotseling in beweging gebracht, wordt opgeheven, daalt weer neder, kookt en

bruischt en stapelt zich op tot watermuren van 20 en 25 meter hoog, die met onweerstaanbaar geweld over het land heen storten. Bij de aardbeving van Lissabon in 1755 was de watermuur die over de kust van Portugal rolde, 18

De golven bij de Kaap de Goede Hoop.

meter hoog, en gedurende de aardbeving van Simoda in Japan, (in 1854) stortten er drie hooge watermuren met tusschenpoozen van enkele minuten na elkander in de baai, vernielden alles wat op hunnen weg lag, en overstroomden de geheele stad Simoda.

Als de golven door de terugvloeiende eb of door zekere stroomen of door andere hindernissen gestuit worden, ontstaan de zoogenoemde d r a a i k o l k e n. Dit is bij voorbeeld het geval in de straat van Messina, waar men de sedert de oudheid beruchte klippen van Scylla en Charybdis vindt. Bij Charybdis, of zooals het tegenwoordig genoemd wordt, Kalofaro, bestaat zulk een draaikolk, terwijl bij Scylla het water tegen de rotsen breekt.

De westkust van Noorwegen is als ingesneden door kleine baaien die men *fjorden* heet, en als omzoomd met eene menigte in zee uitstekende klippen en rotsen, en daardoor ontstaan er op onderscheidene plaatsen draaistroomen. De beroemdste daarvan is de maalstroom bij de Loffoden; het water is op die plaats in eene rondstroomende beweging, die voor kleine scheepjes wel eens gevaarlijk kan zijn, maar waaromtrent men voorheen vele fabeltjes heeft verteld, alsof de schepen op mijlen afstands door dien draaistroom aangetrokken, en al ronddraaiende naar beneden gesleurd worden, en dergelijken.

De snelheid der golven hangt in de eerste plaats natuurlijk af van de kracht en het volhouden van den wind die hen voortstuwt, maar wordt zeer gewijzigd door hunne eigene grootte of breedte, en door de diepte van het water waarin zij ontstaan. Zoo heeft Prof. Airy berekend, dat een golf van 30 meter

Gezicht op Scylla aan de straat van Messina.

breedte, in een water van 3 meter diepte, met eene snelheid van ongeveer 15 eng. mijl in het uur voortgaat: een van 300 meter in water van 300 meter diepte, met eene snelheid van 48 mijl, terwijl een van 3,000 meter in een water van 3,000 meter diepte vooruit gaat met eene snelheid van niet minder dan 154 mijl in het uur.

De kracht waarmede een golf drukt tegen een vaststaand voorwerp, dat haar keert, hangt af van de snelheid en van de massa, en als de golven hoog zijn, is die drukking zeer groot. Door waarnemingen aan baken, in zee en breekwaters gedaan, is het gebleken dat de werkelijke drukking op 9,000 kilogram op den vierkanten meter gerekend moet worden. Die eenmaal een doorbraak van een zeedijk gezien, en daarbij waargenomen heeft hoe ver groote steenblokken soms door het water verplaatst worden, is overtuigd van de geweldige kracht der golven. Na den orkaan van Barbados in 1780 vond men oude kanonnen op het strand, die door de kracht der golven van den bodem der zee op de kust waren geworpen. Natuurlijk is de kracht waarmede een golf een drijvend voorwerp eenvoudig vooruit stuwt, in geenen deele de zelfde als die waarmede de golven tegen een vaststaand voorwerp drukken, want dingen die in het water drijven, verliezen een gedeelte van hunne zwaarte, en daardoor worden zij zoo gemakkelijk door de golven verplaatst en voortgestuwd.

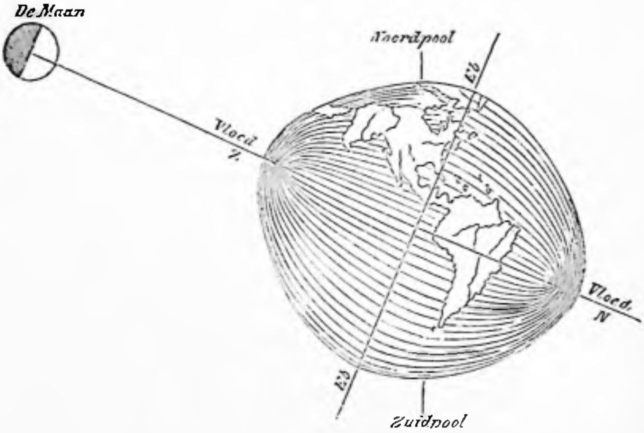
### *e.* DE GETIJEN.

De belangrijkste en geregeldste beweging van den oceaan is zekerlijk de dagelijksche beweging, die men het g e t ij, of e b en v l o e d noemt. Het getij is eigenlijk niets anders als een bij afwisseling rijzen en dalen van het water, eene op- en neergaande beweging, die voornamelijk door de aantrekking der maan, en gedeeltelijk ook door de aantrekking der zon veroorzaakt wordt. Voornamelijk door de aantrekking der maan, zei ik, en dit laat zich terstond verklaren, door dat de maan zoo veel dichter dan de zon bij de aarde is. Land en water beiden ondervinden die aantrekking, maar daar de deeltjes van het laatste zich vrijelijk in alle richtingen kunnen verplaatsen, ontstaat er eene opzwelling van het water ter plaatse, waar de aantrekking het grootst is. Als de aarde steeds onbewegelijk op de zelfde plaats tegenover de zon en de maan bleef, zou ook die opstapeling van water steeds op de zelfde plaats blijven. Doch de aarde draait om hare as, en de eene merediaan na den anderen wordt dus tegenover de aantrekkende lichamen gebracht, en zoodoende wordt de opzwelling of opstapeling van water eene groote g e t ij g o l f, die rondom de aardbol reist. Laat ons eerst zien hoe de maan het water van den oceaan aantrekt, en bemoeien wij ons voor een oogenblik niet met invloed der zon.

De maan trekt de deeltjes waaruit de aardbol bestaat aan, als een gevolg van de natuurwet, dat elk deeltje in de natuur elk ander deeltje aantrekt, met eene kracht, die in omgekeerde reden staat tot het vierkant van den afstand. Als men eene rechte lijn trekt, die van de maan door het middenpunt der aarde

heen gaat, dan zal die lijn de oppervlakte der wateren raken op twee diametraal tegenover elkander liggende punten Z. en N.: een dezer punten der oppervlakte zal dus de maan in het *Zenith*, de andere haar in het *Nadir* hebben. De plaats

Fig. 18.




in de zee die de maan in het zenith heeft, dat is die perpendiculair door de maan verlicht wordt, moet het dichtst bij de maan zijn, en wordt gevolglijk sterker door dien bol aangetrokken dan het middenpunt der aarde; en de plaats die er diametraal tegenover ligt, dat is die de maan in het nadir heeft, moet er verder af zijn en zwakker aangetrokken worden dan het middenpunt der aarde. Daarvan is een noodzakelijk gevolg dat het water, hetwelk vlak onder de maan gelegen is, als 't ware naar de maan toegetrokken wordt, en een opzwelling moet vormen, terwijl de wateren daar tegenover die met minder kracht naar de maan getrokken worden dan het middenpunt der aarde, als 't ware achter blijven en zoodoende ook eene opzwelling van de oppervlakte moeten vormen.

Zoo ontstaat er eene dubbele vloed, onder de maan en op het tegenovergestelde punt van den aardbol. Maar op de tusschen gelegene punten, waar het water niet aan de aantrekking van de maan onderworpen is, zal men eb hebben: het water wordt daar lager, omdat het naar de plaatsen getrokken wordt waar het vloed is.

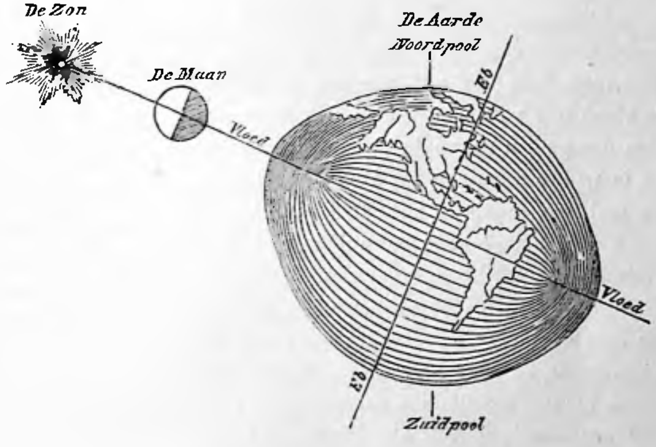
De aarde brengt door hare aswenteling al hare meridianen in den tijd van 24 uren als 't ware onder de maan, zij komen gevolgelijk met een tusschenpoos van 6 uren beurtelings vlak onder de maan, en in een hoek van 90° met dien bol. Daaruit volgt dat in den tijd van een maan-dag, dat is in den tijd die er verloopt tusschen twee opvolgende doorgangen van de maan door den zelfden meridiaan, het water van den oceaan tweemaal moet rijzen en tweemaal moet dalen op de zelfde plaats.

Doch de maan is niet het eenige hemellichaam dat de wateren van den oceaan aantrekt. Wij hebben reeds gezegd dat ook de zon deel neemt aan het verschijn-

sel dat eb en vloed geheeten wordt, ofschoon in eene veel geringere mate dan de maan, als een gevolg van haren veel grooteren afstand van de aarde. De ongelijkheid die er bestaat tusschen de zon-dagen en maan-dagen — de laatsten zijn 54 minuten langer dan de eersten — heeft ten gevolge dat die twee hemelbollen beurtelings samenwerken en beurtelings elkander tegenwerken. Als de zon en de maan in conjunctie zijn of in oppositie zijn, dat is op een zelfde rechte lijn staan, dat is als het nieuwe of volle maan is, wordt de aantrekking een tweeledige, en de vloed wordt zoo hoog mogelijk; men noemt hem dan springtij. Als de maan in haar eerste en laatste kwartier is, werkt natuurlijk de aantrekking der zon in eene andere richting, en zal als 't ware de aantrekking der maan tegenwerken: de vloed zal dan het laagst zijn, wat men een doodtij noemt.

Ten gevolge van den omloop der maan om onze aarde gaat, gelijk bekend is, de maan elken dag 49 minuten later op. Zij staat dus voor ons niet het hoogst na elke 24 uren, maar eerst na 24 uren 49 minuten. Derhalve moet er ook van

Fig. 19.



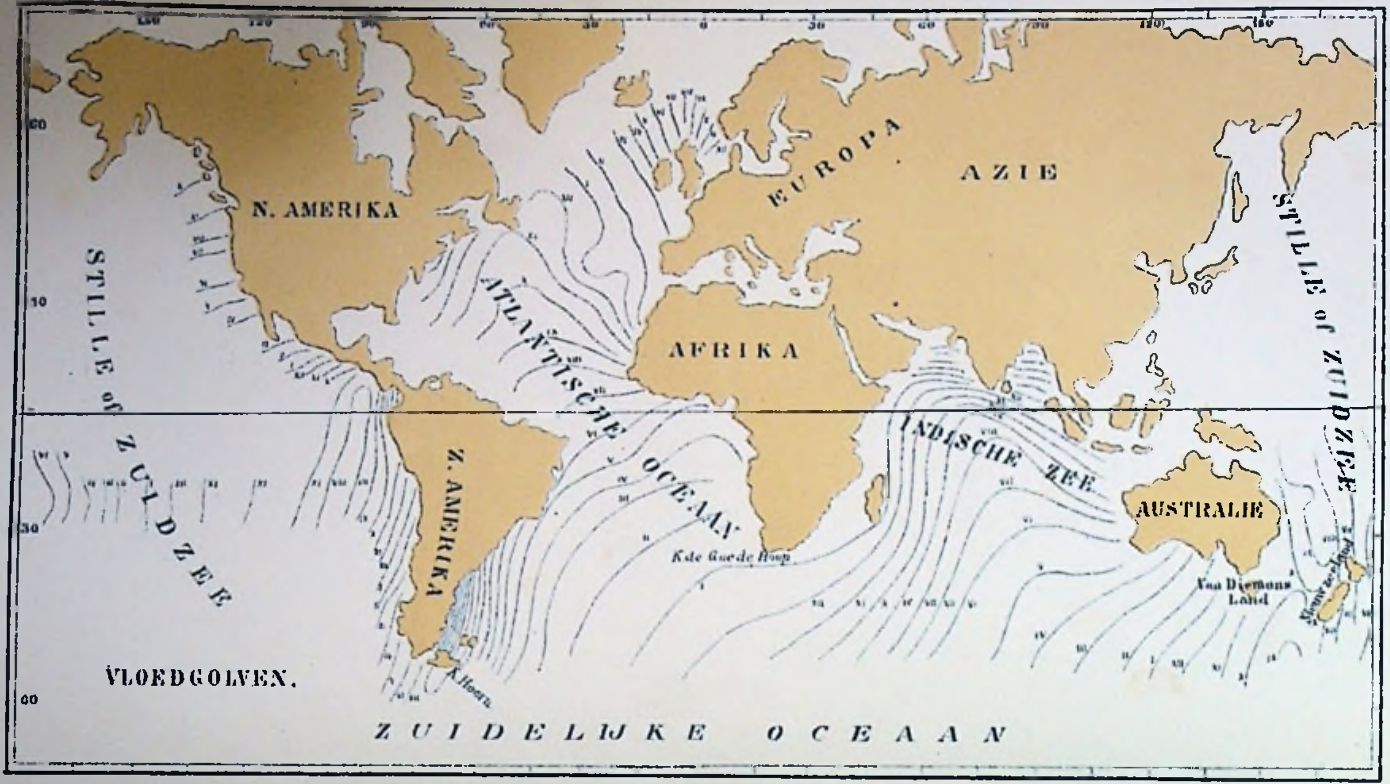

den eenen vloed tot den anderen niet slechts 12 uren, maar 12 uren en 24½ minuten verloopen, en van den vloed tot de eb een tijd van 6 uren 12¼ minuten, in plaats van slechts 6 uren.

Wordt het evenwicht in eene watermassa verbroken, dan ontstaat er, ten gevolge van het dalen hier en het rijzen dáár, eene beweging. Doch dit geschiedt niet zonder dat er zekeren tijd verloopt. Indien men in een vat met water eene pijp plaatst, en uit deze de lucht zuigt, dan daalt het water in het vat, waar het door de lucht gedrukt wordt, en klimt het op in de pijp, waar die drukking door het zuigen weggenomen is. Dat dalen geschiedt met zekere langzaamheid, die vooral in een vat zeer merkbaar is. Eveneens kan ook het dalen der zee bij eb en het rijzen bij vloed niet zonder tijdverlies geschieden, en bij

de groote uitgestrektheid der oppervlakte van de zee moet dat zelfs zeer belangrijk zijn. Wijl de vloed, op de van het oosten naar het westen omwentelende aarde, van het oosten naar het westen stroomt, vloeit hem het water van het westen als ware te gemoet, terwijl dat van het oosten hem volgt. De vloedgolf moet dus naar het westen een weinig meer afhellend van gedaante zijn dan naar het oosten, en derhalve moet de overgang van de laagste eb tot den hoogsten vloed iets spoediger gebeuren, dan die van den hoogsten vloed tot de laagste eb.

Alles wat hier nu over de getijen gezegd is, zou volkomen waar zijn, indien de aarde overal en gelijktijdig met water was bedekt. Intusschen zou reeds onder die eenvoudige voorwaarde de gang van eb en vloed en de hoogte van beiden wel te berekenen, maar toch altijd zeer ingewikkeld zijn. Hoe veel te meer moet dat dus het geval zijn nu de zee door de vastelanden en eilanden wordt verdeeld, en wijl bovendien hare diepte zeer verschillend is. In diepe, wijde zeebekkens is de beweging, ten gevolge van de verbreking van het evenwicht, sneller dan in ondiepe en nauwe zeeën. Het evenwicht herstelt zich veel eerder in de eersten dan in de laatsten. Derhalve vertoonen de getijen zich geenszins op alle plaatsen van een lengtegraad ten zelfden tijde, maar op de eene plaats veel vroeger dan op de andere, ja met zulk een groot verschil, dat de eene plaats reeds lang eb heeft, wanneer op de andere (op den zelfden lengtegraad) de vloed nog verwacht wordt. Verder is daardoor in groote zeebekkens het wisselen der getijen zeer onbeteekenend, en bedraagt nauwelijks eenige voeten, terwijl het in nauwe zeearmen tot 4 en 5 meter, ja onder bijzondere omstandigheden nog veel hooger stijgen kan. In kleine, bijna geheel afgeslotene en ondiepe zeebekkens kan men de getijen nauwelijks of in 't geheel niet bespeuren.

Eene bijzondere ontwikkeling der getijen mogen wij niet stilzwijgend voorbijgaan. Wij bedoelen den invloed dien de betrekking der aarde tot de maan en tot de zon op de grootste watervlakte der aarde, op de Stille zee uitoefent. Die vlakte is zoo groot, dat, wanneer de maan, van de landengte van Panama gezien in het westen boven de Stille zee ondergaat, zij, van de kusten van Nieuw-Holland en van de eilanden van Australie gezien, in het oosten boven die zee opgaat. De breedte der Atlantische zee is daarentegen zoo gering, dat ten zelfde tijde waarop den bewoners van de westkust van Afrika de maan ter halve hoogte van haren schijnbaren dagloop gestegen schijnt, dat gesternte voor de bewoners van Amerika even hoog schijnt te staan. Dus werkt de maan op de geheele breedte der Atlantische zee bijna overal even krachtig, terwijl haar invloed op de Stille zee de grootste verschillen in het aanzijn roept. In de laatstgenoemde zee rijst het water — niet juist onder de maan, maar veeleer onder het gemeenschappelijke middenpunt van de aantrekking der maan en der zon — zoo weinig, dat die rijzing nauwelijks de eb te boven gaat. De vloed staat niet stil, maar volgt den schijnbaren omloop van het aantrekkende punt van het oosten naar het westen. Het dalen van het water geschiedt het sterkst op elk oogenblik in die streken voor welke dat punt, indien het een zichtbaar lichaam was, juist boven


N. AMERIKA
EUROPA
AZIE
AFRIKA
ATLANTISCHE OCEAAN
STILLE of ZUIDZEE
STILLE of ZUIDZEE
INDISCHE ZEE
Z. AMERIKA
AUSTRALIE
K. de Goede Hoop
Van Diemens Land
K. Hoorn
VLOEDGOLVEN.
ZUIDELIJKE OCEAAN

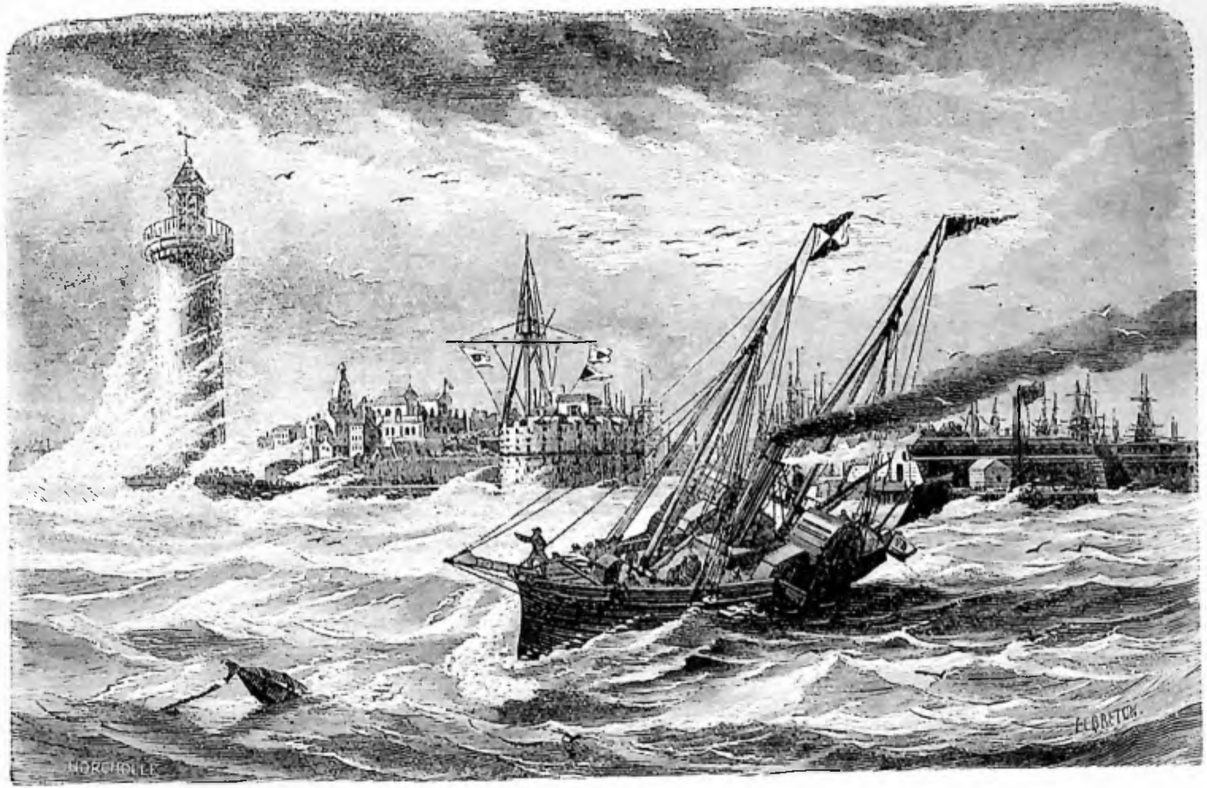
den horizon zou liggen. Naar het oosten en westen vallen de streken die zulk eene ligging hebben, slechts gedurende een korten tijd van den omloop van dat punt, op de volle zee.

Ook in het noorden is de zee door eilanden en vastelanden afgebroken en begrensd. Daarentegen vindt men in het zuiden de groote vereeniging van alle zeeën, en van hier dringt dus het water noordwaarts, en zwelt de vloed. Deze is sterker aan de kusten van de australische eilanden dan midden in de Stille zee, maar nog sterker aan de zuidkust van Nieuw-Holland. Al meer en meer versterkt, dringt de vloed van het zuiden af naar de zuidkust van Afrika, en plant zich voort in de Atlantische zee, waarin hij van het zuidoosten naar het noordwesten voortgaat, totdat hij de kust van New-Foundland bereikt. Dáár als 't ware gestuit, komt hij, van het westen naar het noorden trekkende, in de zee die de kusten van Europa omspoelt. Tusschen Frankrijk en Engeland dringt hij, in hoogte vergoedende wat hem aan breedte ontbreekt, door het Kanaal in de Noordzee. Te zelfden tijde gaat de vloed om IJsland en Schotland naar de kusten van Skandinavie, en van daar zuidoostwaarts naar de vlakke oevers van Jutland, om, met den vloed uit het Kanaal vereenigd, naar de monden van de rivieren de Eider, de Elbe, de Weser en de Eems te dringen, en in die rivieren ver landwaarts in, het water op te stuwen. Die geheele voortplanting van den vloed moet niet als een eigenlijk stroomen van het water beschouwd worden: als zoodanig vertoont hij zich slechts waar de gezwollene zee door de vlakke kusten zich noodzakelijk over dat gedeelte van het land moet uitbreiden, hetwelk bij eb droog ligt. Overigens is het slechts een rijzen van het water, hetwelk veroorzaakt wordt door het streven van de oorspronkelijke vloedgolf om weder te dalen en het evenwicht weder te herstellen, nadat het aantrekkende punt er over heen gegaan is, en zijne werking op andere gedeelten der oppervlakte heeft overgebracht. De dalende watergolf stuwt aan alle kanten de ebbende wateren der zee opwaarts, steeds dalende, maar juist daardoor de voorbijgaande rijzing al verder en verder voortplantende, totdat hare werking eindelijk geheel ophoudt. Doch alle dagen herhaalt zich het zelfde. Wanneer de vloed zich in het noordelijke gedeelte van de Atlantische zee vertoont, is de waterberg in de Stille zee, waaruit hij afkomstig is, reeds lang weder nedergezonken, weder gerezen en weder gezonken, en reeds ten derden male bezig met rijzen. Anderhalf tot twee dagen verloopen er voordat eene vloedgolf haren weg aflegt. Derhalve vertoonen zich ook de hoogste vloeden, die ten tijde van nieuwe en volle maan aan de grootste nabijheid van het aantrekkende punt tot het middenpunt der aarde beantwoorden, geenszins op die tijdstippen, maar altijd eerst later. De maan ziet neder op een vloedgolf in de Noordzee, die zij op den vorigen dag in de Stille zee heeft verwekt. Bovendien is de wijze van voortplanting, de gang van den vloed, zeer ongeregeld: op ondiepe plaatsen der zee gaat hij langzamer, op diepen sneller; in nauwe zeearmen schrijdt hij langzaam, in breeden schielijk voort. Zoo is het mogelijk dat zekere plaats ten zelfden tijde door twee verschillende vloeden wordt bereikt. Vandaar ook niet

slechts de ongelijke tijd waarop eb en vloed zich op verschillende plaatsen der zeekusten vertoonen, maar ook de meer of min veelvuldige afwisseling van die verschijnselen. Niet elke plaats heeft dagelijks tweemaal vloed en tweemaal eb, maar op vele plaatsen bestaat een vloed uit twee door eene zwakke eb gescheidene vloeden, eene eb uit twee door een zwakken vloed gescheidene ebben, en op andere plaatsen heeft men dagelijks slechts eenmaal eb en vloed.

De getijen mogen dus, gelijk wij zoo even gezien hebben, beschouwd worden als in de groote onafgebrokene vlakten der zuidelijke zee te ontstaan. Als de getijgolf westwaarts gaat, wordt zij afgeleid, breed en vol in de Indische zee, snel en diep in de Atlantische zee, en langzaam en zwak in de Stille zee, waar haar loop door vele eilanden en koraalriffen gehinderd wordt. De snelheid van de getijgolf hangt natuurlijk af van den vorm en de diepte der zee. In de opene zuidelijke zee zal hare snelheid ongeveer 1000 eng. mijl in het uur zijn, terwijl zij in de nauwe Noordzee nauwelijks een twintigste van die snelheid heeft. In de opene zuidelijke zee gaat de hoogte der getijgolf zelden twee meter te boven, en in de Indische en Atlantische zeeën is zij misschien 2½ tot 3 meter, maar in baaien en golven die naar de zee wijd geopend en nauw naar het land zijn, zooals de Golf van Bengalen, het Kanaal van Bristol en de Baai van Fundy in Amerika, kan zij tot eene hoogte van 6 tot 9, en onder begunstigende omstandigheden, zelfs tot 20 of 25 meter stijgen. En waar zulke golven of baaien in riviermonden eindigen, vormen de als in een punt samenvloeiende vloedgolven een hoogen watermuur, die met geweld in de riviermond stroomt, en die in Engeland *the bore*, in Frankrijk *la barre*, *le ressac* of *le mascaret* geheeten wordt. Zulk een watermuur ziet men, bij voorbeeld, in den mond van de rivier Tsien-tang, die als een 10 meter hoogen muur van water dwars over de rivier heentrekt, met een snelheid van 25 eng. mijl in het uur; in de Hooghly 6 of 8 meter hoog; in de Garonne 3 of 4 meter, en in de Amazonerivier soms 4 of 5 meter hoog; en zoo ook in andere rivieren, welker langzamerhand nauwer wordende monden blootgesteld zijn aan het op één punt samenvloeien van getijgolven. Maar daartegenover staat dat binnenzeeën en baaien die een nauwe opening hebben en dwars liggen ten opzichte van de getijgolf, zooals de Middellandsche en de Oostzee, weinig of geen eb en vloed hebben, of bijna zonder getijen zijn. Niet slechts gaat de groote getijgolf die uit de Atlantische zee opkomt, zulke zeeën als 't ware voorbij, maar zij zelve zijn ook te klein dat er een merkbare eigene getijgolf in zou kunnen ontstaan.

Er is een groot onderscheid tusschen een windgolf en een getijgolf. De eerste maakt eene beweging in het water, die, al hoe merkbaar op de oppervlakte, toch op eene diepte van 300 of 400 meter in 't geheel niet meer bespeurd wordt, en niet in staat is om het kleinste zandkorreltje van den zeebodem te verplaatsen; maar de laatste, de getijgolf, tast als 't ware de geheele watermassa aan, van de oppervlakte tot de grootste diepten. De mechanische invloed der windgolven wordt uitsluitend gevoeld op de kusten, die zij ondermijnen en afknagen. De getijgolven daarentegen zijn meer gelijk



Hooge vloed bij Havre-de-Grâce.

aan de zeestroomen in hetgeen hare uitwerking betreft; zij verplaatsen en rangschikken en spoelen heen en weer de bezinksels van den oceaan. De windgolf breekt bij den mond der rivieren, en maakt de scheepvaart dáár soms gevaarlijk; de getijgolf loopt in den riviermond op, vult het kanaal en maakt het bevaarbaar, en bij haar terugvloeien voert zij de onzuiverheden van het rivierwater mede, en brengt die in den grooten vergaderbak, dien men den oceaan noemt. De windgof kan gestild worden, en de oppervlakte der zee zoo vlak

De *ressac* bij La pointe du Raz (Finistère).

worden als een spiegel; als zij van de eene kust verdreven wordt, vertoont zij zich op de andere; de windgolven die door een noordewind zijn verwekt, werken soms in tegen die haar ontstaan aan een zuidewind te danken hebben; maar de eb en vloed van de getijgolf is geregeld en houdt nooit op: de getijgolf zal de zelfde richting houden, op den zelfden tijd verschijnen, even hoog, snel en krachtig en steeds de zelfde blijven, zoolang de zee en het land blijven die zij tegenwoordig zijn, zoolang de vormen van het land en de zee, de hoogten en laagten van het land en water niet veranderen.

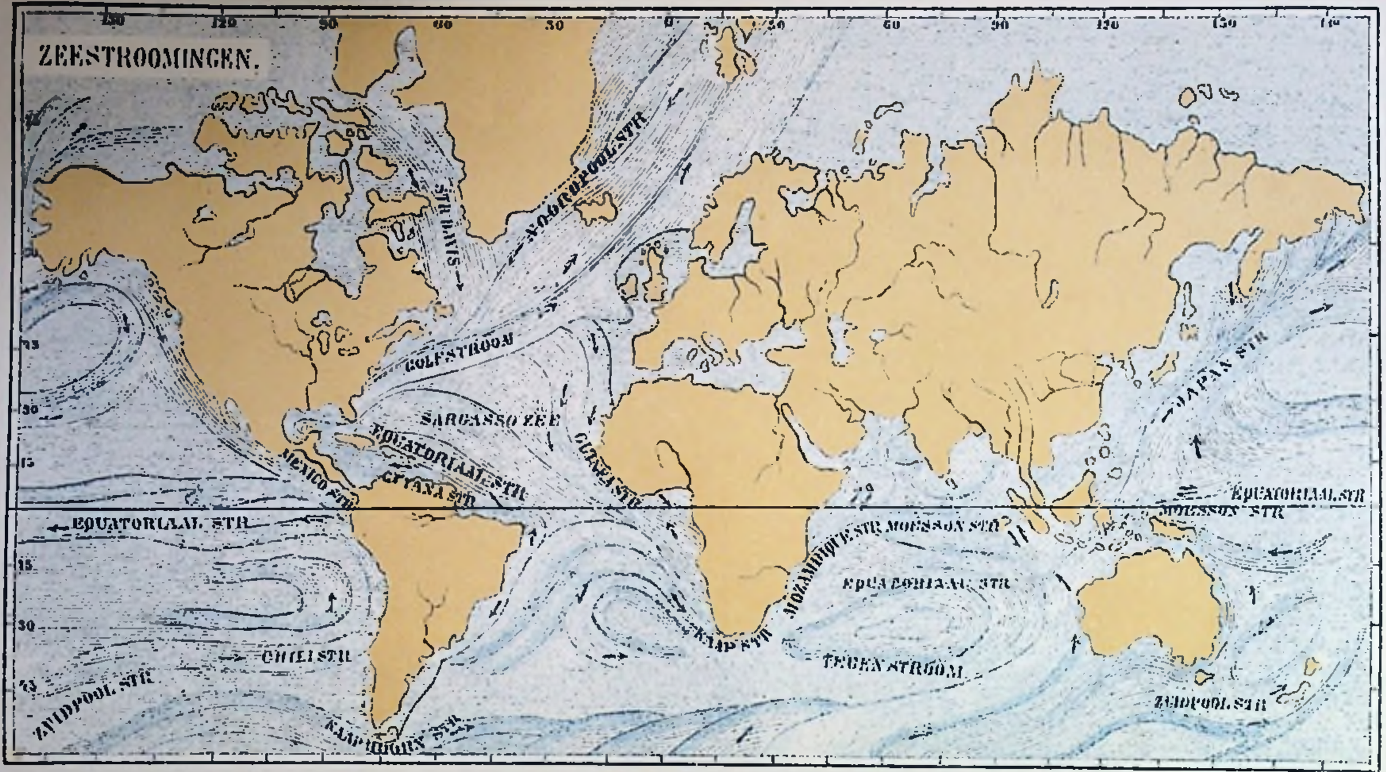
## *f.* DE STROOMEN IN DE ZEE.

Gelijk er rivieren op de aarde zijn, die het water der bergen voeren naar de laagten, heeft ook de zee s t r o o m e n, die het water brengen van de eene plaats naar de andere. Zij zijn het groote middel waardoor de oceaan in een toestand

van evenwicht gehouden wordt, en hangen af in de eerste plaats van de ongelijke temperaturen en dichtheden van de verschillende zonen des oceaans, en de ongelijke uitdamping die daarin plaats heeft, en ten tweede van de omwenteling der aarde, waardoor de richtingen die door de eerstgenoemde oorzaken aan de stroomen gegeven zijn, gewijzigd worden. Waar wij ook wateren vinden van een verschillende temperatuur, of, wat het zelfde is, van eene verschillende dichtheid, daar zal het lichtste naar boven en het zwaarste naar beneden gaan, en waar ook de verdamping een verschil maakt, daar zal het water van de omliggende gedeelten er heen vloeien, om het verschil te vereffenen. Ook door een verschil in zoutheid ontstaat een verschil in dichtheid, en waar het zoutere water zinkt en als een onderstroom naar streken vloeit waar het water zoeter is, daar zal ter zelfder tijd het zoetere en lichtere water van boven heen vloeien, om het evenwicht te herstellen. Als wij dit alles bedenken, en wij ons tevens herinneren dat de oceaan afgebroken wordt door vastelanden en eilanden, riffen en banken, en dat hij door winden en getijen in beweging gebracht wordt, dan zullen wij gemakkelijk begrijpen dat de stroomen der zee verschillend van aard en van loop moeten zijn.

Men verdeelt de zeestroomen gewoonlijk in vaste, tijdelijke en veranderlijke stroomen. De eersten of vasten ontstaan door den vereenigden invloed van ongelijke temperatuur en dichtheid der wateren, de omwenteling der aarde en de passaatwinden. De tijdelijke stroomen ontstaan door de getijen, de monsoens of moessons, en de zee- en landbriezen in de keerkringstreken. De veranderlijke stroomen ontstaan door plaatselijke afwijking der winden en getijen, het smelten van ijs in de poolstreken, en dergelijke invloeden. Ook spreekt men van oppervlaktestroomen en diepzeestroomen, van stroomen en tegenstroomen, van bovenstroomen en onderstroomen, doch deze termen zijn duidelijk genoeg, en behoeven dus hier niet verklaard te worden. Op één ding moet ik echter hier vooral de aandacht vestigen, namelijk op het verschil tusschen de namen der winden en die der stroomen — de winden worden genoemd naar de richting waaruit zij blazen, een westewind bij voorbeeld blaast uit het westen, maar de stroomen naar de richting waarheen zij vloeien, een oostelijke stroom vloeit naar het oosten.

De standvastige diepzeestroomen zijn de belangrijksten, en derhalve zullen wij die in de eerste plaats beschouwen. De lezer heeft reeds meer dan eens moeten hooren: „de warmte maakt het water lichter", maar nu vooral moet hij dat niet vergeten, want het is de warmte van de keerkringszone waardoor de wateren onder den evenaar lichter gemaakt worden, en er een grootere verdamping verwekt wordt, dan op andere plaatsen van den aardbol. Een noodzakelijk gevolg daarvan is dat de wateren der polen, kouder en dus zwaarder zijnde, als een onderstroom naar den evenaar vloeien, om het evenwicht te herstellen. En zoo hebben wij dus hier twee groote stroomen, waarvan de eene van het noorden en de andere van het zuiden komt. Maar het water van den evenaar vloeit aan weerszijden



ZEESTROOMINGEN.
STR DAVIS
GOLFSTROOM
SARGASSO ZEE
EQUATORIAAL STR
MEXICO STR
GUINEA STR
EQUATORIAAL STR
CHILI STR
ZUIDPOOL STR
KAAP STR
MOZAMBIQUE STR
MOESSON STR
TEGEN STROOM
JAPAN STR
EQUATORIAAL STR
MOESSON STR
ZUIDPOOL STR

naar zuid en noord, en dus ontstaan er eigenlijk vier hoofdstroomen — twee van de polen naar den evenaar, en twee van den evenaar naar de polen — en deze vier stroomen van den eersten rang vormen den grooten kringloop in de wateren van den oceaan. Een kringloop, zei ik, en zeker zeer terecht, want het zelfde waterdeeltje dat zijn loop, bij voorbeeld aan de noordpool uit de diepte begon, komt op zijnen tocht zuidwaarts langzamerhand op meer gematigde breedten, en ontmoet dáár warmere waterdeeltjes: zoodoende moet het langzaam maar zeker al hooger en hooger in de zee gaan drijven, en al warmer en warmer worden, totdat het eindelijk onder den evenaar gekomen, zeer warm en dus zeer licht geworden is, en dan als een waterdeeltje van den evenaar, al dalende en kouder wordende, terugkeert naar den zeebodem aan de pool, waar het zijn kringloop begonnen was, om al weder dien weg van voren af in te slaan. Maar die groote kringloop in den oceaan wordt gewijzigd en afgebroken in eene menigte stroomen van den tweeden rang, ten gevolge van verschillende oorzaken, zooals de vorm der kusten, het relief van den zeebodem, de ongelijke verwarming op verschillende plaatsen, het invloeien van rivieren en vele dergelijken. Wij willen een vluchtigen blik op al die zeestroomen werpen: en kunnen dat zeker niet beter doen dan door het bezichtigen van nevens staande stroomkaart, die beter dan eene beschrijving aan het doel beantwoordt: eene korte verklaring is echter noodzakelijk.

Wij slaan eerst het oog op den evenaarstroom die, zooals zijn naam aanduidt, op de hoogte van den evenaar, dwars over de Atlantische zee, van de kust van Afrika naar die van Amerika vloeit. Op meer dan halfweg gekomen, vertoont hij eene neiging om zich te splitsen, en werkelijk doet hij dit op 300 of 400 mijl ten westen van kaap St. Roque, waar hij zich in een noordwestelijken en een zuidwestelijken tak splist, en waarvan de eerste noordwaarts langs de kust van Guiana in de Caribische zee, en de tweede zuidwaarts langs de kust van Brazilie vloeit. De zuidelijke tak of braziliaansche stroom vloeit op een afstand van 250 mijl van de kust: zijne snelheid wordt op de hoogte van den mond der La Plata zeer verminderd, door den dwarsstroom van zoetwater, die dáár in zee vloeit, en eindelijk sterft hij als 't ware in de Straat van Magelhaens. De noordelijke tak, of de stroom van Guiana, vloeit langs die kust, en volgt de kust van de Caribische zee en van de Golf van Mexico.

Maar als die noordwestelijke gedeelten den omtrek van de zee der Cariben en dien van de golf van Mexico volgen, worden zij natuurlijk warmer, zouter, en verkrijgen zij de donker blauwe kleur, die zoo kenmerkend is voor zeer zout water. Met deze nieuwe eigenschappen bedeeld, verlaten zij de Golf van Mexico, gaan door de Straat van Florida heen, en worden zoo de beroemde golfstroom (dat is: „stroom uit de golf" van Mexico), de belangrijkste van alle stroomen in de Atlantische zee. Als hij om de Kaap van Florida heen gegaan is, loopt de golfstroom naar het noordoosten, ongeveer parallel met de oostkust van Noord-Amerika, gaat ten zuiden langs de banken van Newfound-

land, en vervolgens, al breeder wordende, dwars over den Atlantischen oceaan, totdat hij, bij de Azoren gekomen, zich in twee groote takken splitst — de eene buigt zuidwaarts om naar den evenaar, en de andere vloeit noordwaarts naar de westelijke kusten van Europa, en verliest zich eindelijk in de wateren van de noordelijke Poolzee. De lengte van deze groote rivier in den oceaan is van haar begin tot de Azoren 3000 eng. mijl, en hare grootste breedte ongeveer 120 mijl. Als zij de straat van Florida verlaat, is hare snelheid ongeveer 4 mijl in het uur, bij kaap Hatteras in Noord-Carolina is zij tot 3 mijl in het uur verminderd, bij de Newfoundlandsche banken tot 1½ mijl, en zoo neemt hare snelheid langzamerhand af hoe verder zij stroomt. Eene dergelijke vermindering van temperatuur ondergaat zij: in de Straat van Florida heeft het water van den golfstroom 86°, of 9° boven dat van de zee op de zelfde breedte. Voorbij Newfoundland is het in den winter 25° tot 30° warmer dan het water waar het doorheen vloeit, en in het midden van den oceaan heeft het een temperatuur van 8° tot 10°, en de warmte is nog lang niet geheel verloren gegaan als het de westelijke kusten van Europa bespoelt. De golfstroom is dus een groote rivier van warm water in den oceaan, die onophoudelijk uit de warme streken naar de kouderen vloeit, warmte en vochtigheid verspreidende, en het klimaat wijzigende van de landen die onder zijnen invloed staan. In zijn begin als 't ware tusschen twee zeeën van kouder water bekneld, vormt zijn donkerblauw warm water een bolle oppervlakte, een lange dakvormige richel op den oceaan, maar hoe verder hij stroomt des te kouder wordt hij, breidt zich uit, steekt niet meer boven den omringenden waterspiegel uit en neemt de groenere kleur der noordelijke wateren aan. Hij belet de ijsbergen die uit het noorden komen, verder zuidwaarts te drijven en hun killen invloed te doen gevoelen: zij smelten in het warme water van den golfstroom, en tevens is de golfstroom ook de groote natuurlijke grens tusschen het leven van den noordelijken en den zuidelijken oceaan.

De evenaarstroom die, zooals wij boven zagen, van Afrika naar de Golf van Mexico vloeit, en de zuidelijke tak van den golfstroom die zich bij de Azoren zuidwaarts van den hoofdstam afscheidt, vormen als 't ware een grooten dwarrel in de Atlantische zee, in welks midden een groote stille watervlakte is, die men de wierzee, of de krooszee, of de sargassozee noemt. Dit gedeelte der zee is zeker een van de grootste merkwaardigheden der wateren, en vertoont een bijzonder planten- en dierenleven, zooals men nergens op aarde aantreft. Daarom willen wij ons een oogenblik bij deze wierzee ophouden, voordat wij verder de stroomen in den oceaan volgen.

Dit rustige gedeelte van de oceaan, hetwelk meer dan 80 maal grooter is dan Nederland, ziet men altijd met kleine en groote hoopen wier, het *Sargassum bacciferum*, overdekt. Veeltijds omgeeft het een schip, dat er door vaart, in zulke massa's dat de gang van het vaartuig er zeer door vertraagd wordt; doch somtijds zeilt men verscheidene uren aaneen, zonder eene enkele plant te bespeuren. Toen COLUMBUS deze hem onbekende *mar de sargasso* door-

zeilde, werd de bemanning der „Santa Maria" niet weinig angstig, daar zij niets anders dacht of deze drijvende wiervelden, die de vaart van het schip hinderden, waren de grenzen der bevaarbare zee.

Opmerkenswaardig is het dat deze atlantische wierbank ons het grootste voorbeeld van eene maatschappelijke samenleving van vele planten van de zelfde soort oplevert. Nergens elders, noch in de grazige prairiën van Amerika, noch op de heidevelden en in de pijnbosschen van het noorden van Europa, vindt men eene zoo groote gelijkheid van plantengroei, als in die uitgestrekte wiervelden der zee.

Meyen zegt: „Die ophooping van zoovele planten, op eene uitgestrektheid van meer dan 50,000 vierkante mijl, is sedert den tijd van Columbus een punt van bewondering en van navorsching geweest. Sommige zeelieden gelooven dat deze wieren door den golfstroom samen gedreven worden, en dat in de mexicaansche golf groote massa's van deze planten voorkomen; eene meening die geene wederlegging meer behoeft, gelijk wij zoo aanstonds zullen zien."

Von Humboldt meent dat deze zeeplanten op ondiepten wassen, en van deze door visschen, weekdieren en misschien ook door stroomen en andere oorzaken los gereten worden.

Von Martius gelooft dat die wieren op eene ondiepe plaats, op 24° N.B. en 28° W.L., niet op den bodem, maar los in het water groeien. „Het is ons onbegrijpelijk hoe zulke geweldige massa's van een enkele bank losgemaakt zouden kunnen worden. Wij hebben duizenden en duizenden wortels van deze planten onderzocht, en wagen het de verzekering te geven, dat zij nimmer vastgezeten hebben. In het water zwemmende hebben zich hare kiemen ontwikkeld, en wortels en bladeren, maar beiden van gelijke hoedanigheden, naar alle kanten uitgespreid. Vroeger hebben wij waarnemingen over het ontkiemen, als ook over wortel- en vruchtontwikkeling der zoetwaterwieren gedaan, en op verschillende plaatsen bekend gemaakt. Zulk een ontwikkelen en wassen van vrije sporen van wieren, en eene wortelvorming bij zwemmende *converfae*, hebben wij uitvoerig beschreven: wij vinden dus het groeien van wieren die vrij en los in de ruime zee rond drijven, niet meer zoo zonderling. Wij hebben ook bij geen enkel exemplaar vruchten gevonden.

„Naar ons gevoelen zwemmen zij reeds vele duizenden van jaren op de plaats waar zij nu nog gevonden worden; hare massa moet echter jaarlijks toenemen, ofschoon die vermeerdering om licht begrijpelijke reden, niet gemakkelijk waar te nemen is. Ook moeten wij hier denken aan de menigte van dieren, die in deze drijvende eilanden van waterkruid woning en voedsel vinden. De *Sargassum* is gewoonlijk met sertulariën, met gekleurde vorticellen en andere zonderlinge schepselen overdekt. Verschillende pleurobranchen en nereïden zitten op de takken dezer planten, en dienen tot voedsel voor de talrijke visschen en krabben, die hier hunne woonplaats gevestigd hebben."

Dergelijke wiervelden vindt men ook in de Indische en Stille zee, op betrekkelijk stille plaatsen, die door rondloopende stroomen, *rotationstreams*, omringd

worden. Dat zij spaarzaam in den schoot der wateren gevonden worden, mag als een bewijs voor de rustelooze beweging van het water aangenomen worden. Als die eeuwige beweging niet plaats had, zou waarschijnlijk de zee overal met wier bedekt zijn, en wel in eene hoeveelheid die voldoende zijn zou om de scheepvaart te stremmen.

Naast het zuidwaarts vloeiende gedeelte van den golfstroom vindt men een anderen grooten stroom, die een tak afgeeft door de Straat van Gibraltar in de Middellandsche zee, en vervolgens langs de westkust van Afrika vloeit, naast en in aanraking met den evenaarstroom, maar in tegenovergestelde richting, totdat hij eindelijk in de zuidelijke zee verloren gaat. Dit is de noordafrikaansche en guineesche stroom, die van 150 tot 180 mijl breed is.

De volgende groote stroom in de Atlantische zee is de noordpoolstroom. Langs de oostkust van Groenland vloeiende, gaat hij gedeeltelijk om Kaap Vaarwel heen, neemt daar de Straat-Davis-stroom op, en stroomt zoo voort naar Newfoundland. Bij Newfoundland gekomen, zendt hij een tak door de Straat van Belle-Isle naar den St. Laurens, terwijl het overige grootste gedeelte voortvloeit, totdat het den golfstroom ontmoet. Hier verdeelt hij zich: een gedeelte gaat zuidwaarts naar de Caribische zee, waarin het als een onderstroom vloeit, en het andere, zuidwestwaarts vloeiende, vormt den tegenstroom: de *countercurrent* der Vereenigde Staten. De noordpoolstroom vervangt dus het warme water dat door den golfstroom wegvloeit, en wijzigt het klimaat van Midden-Amerika en de Golf van Mexiko, een klimaat dat zonder dezen schoonen en gezegenden aanvoer van koud water een der heetsten en ongezondsten der wereld zou zijn.

In de meer door landen omgevene Indische zee zijn weinig vaste stroomen, maar des te meer tijdelijken. De evenaarstroom is hier minder bepaald dan in de Atlantische zee, en bestaat slechts in eene neiging van de keerkringswateren om bij voorkeur westwaarts naar de kust van Afrika te vloeien, waar de stroom door het groote eiland Madagascar verdeeld wordt in twee takken, waarvan de noordelijkste de stroom van Mosambique geheeten wordt, terwijl de breede, maar zwakkere zuidelijke tak zich later weer met den zoo even genoemden vereenigt. Deze zoo vereenigde stroom is nu van 90 tot 100 mijl breed, heeft een temperatuur van 7° of 8° boven die van den oceaan, en eene snelheid van 60 of 80 mijl op een dag, en vloeit naar de Kaap de Goede Hoop om den Agulhas- of Kaapstroom te vormen. Van dezen kaapstroom vloeit de voornaamste tak om de Kaap heen, noordwaarts in de Atlantische zee tot aan het eiland St. Helena, waar hij, den guineeschen stroom ontmoetende, westwaarts afgeleid wordt en in den evenaarsstroom van die zee verloren gaat, terwijl het andere gedeelte, gekeerd door de bank van Agulhas, terugkeert, en vereenigd met den stroom uit den zuidelijken oceaan, den belangrijken tegenstroom van de Indische zee vormt. Ik zei belangrijke stroom, want hij vloeit langs den kortsten weg naar Australie, met eene snelheid, na de Agulhasbank verlaten te hebben, van bijna 50 mijl op een dag,

eene beweging die, hoewel langzamerhand verminderende, nog zeer goed merkbaar is op meer dan halfweg tusschen de Kaap de Goede Hoop en Van Diemensland.

Ten noorden van den evenaar worden de stroomen der oppervlakte van de Indische zee geregeld door de moessons, en verschillen dus natuurlijk naar de jaargetijden, terwijl de stroomen die de Roode zee, de zee van Arabie, de Perzische golf en de Golf van Bengalen in- en uitstroomen, van de winden afhankelijk en dus zeer onbestendig zijn.

De stroomen der Stille zee zijn in overeenstemming met de uitgebreidheid van hare oppervlakte, maar zijn minder bepaald van loop, ten gevolge van de vele hindernissen die zij ontmoeten, namelijk de tallooze eilanden en riffen. De groote wisseling van het koude water der zuidelijke Poolzee met het warme water van den evenaar, is ook hier de voornamste oorzaak van het bestaan dier stroomen. Beginnen wij met de zuidelijke gedeelten, dan zien wij eerst den oppervlakkigen stroom of *driftcurrent* van de zuidpoolstreken, die eerst noord-noordoost, dan noordoost en eindelijk oost-noordoost vloeit, totdat hij de kust van Chile bereikt, waar hij zich in tweeën splitst. De eene tak gaat langs de kust om den kaap-Hoornstroom, en de andere noordwaarts om den chileeschen of peruviaanschen stroom te vormen. De laatste is vooral merkwaardig als een stroom van koud water langs een kust van de heete zone, immers deze peruviaansche of Humboldtstroom, zooals hij ook wel naar zijn eersten onderzoeker geheeten wordt, heeft over eene lengte van meer dan 400 mijl van zijn loop een temperatuur van 12° of 14° beneden die van de atmosfeer, en van 8° of 10° beneden die van de zee waarin hij vloeit. Hoe verder noordwaarts hij komt, des te warmer wordt hij, buigt zich op 20° Z. B. westwaarts om, en verdwijnt in den grooten evenaarstroom van de Stille zee.

Deze laatstgenoemde groote stroom neemt de geheele warme zone in, en, geholpen in zijn westwaarts vloeien door de passaatwinden en het getij, stroomt hij dwars over de zee, van Zuid-Amerika tot den Indischen Archipel. In dien loop zendt hij eenige kleinere stroomen noord- en zuidwaarts af, die tegenstroomen worden, en bij de eilanden van Indie splitst hij zich in verscheidene takken, die zich vereenigen met de oppervlakkige moessonstroomen. Een groote tak evenwel gaat met zijn warm water zuidwaarts langs de kust van Nieuw-Holland, onder de naam van de Nieuw Zuid-Walesstroom, en vloeit in de zuidelijke zee, terwijl een andere niet kleinere tak noordwaarts naar de Philippijnen gaat, en de wel bekende japansche stroom wordt. Deze laatste voert, gelijk de golfstroom waarop hij in vele opzichten gelijkt, het warme water van den evenaar naar het noorden der Stille zee, doch daar hij slechts een nauwe opening vindt om aan de Noordpool te komen, namelijk door de Straat van Bering, stroomt hij rondom de Aleoeten en de kusten van Russisch Amerika heen, en keert met een verminderde temperatuur naar de heete zone terug. Als hij langs de kusten van Oregon en Californie stroomt, splitst hij zich en zendt een tak westwaarts in den oceaan op, en een andere die zuidwaarts vloeien blijft, en overgaat in den mexicaan-

schen stroom. Deze stroom, die langs de kusten van Mexico en Midden-Amerika vloeit, is eerder een afwisselende dan wel een vaste stroom, want hij hangt van de moessons af, en vloeit zuidoostwaarts in den winter, en noordoostwaarts gedurende het overige van het jaar. Behalve den laatstgenoemden heeft men nog verscheidene andere stroomen van minder belang in de Stille zee onderscheiden, zooals de moessonstroom der Carolinen, een afwisselende stroom afhankelijk van de Indische en Chineesche moessons; de Ochotskstroom, een westelijke stroom in de zee van Ochotsk, ten gevolge van oostelijke en zuidelijke winden die er in den zomer waaien; en eindelijk nog de slechts gedeeltelijk bekende noordelijke evenaartegenstroom en zuidelijke evenaartegenstroom.

Alle boven besprokene stroomen der zee zijn vaste stroomen — wij zouden nu tot de tijdelijken en veranderlijken moeten overgaan, maar dit zou ons veel te ver op het gebied der zeevaartkunde brengen. Wij merken hier slechts op dat er onder die veranderlijke stroomen zijn die, hoewel veranderlijk van grootte en snelheid, standvastig van richting zijn, en anderen die ofschoon tijdelijk zijnde wat het jaargetijde betreft waarin zij stroomen, echter standvastig zijn wat den tijd en den duur aangaat. De oppervlakkige stroomen van de Indische zee, die van de moessons afhangen, zijn tijdelijk, en echter zijn zij, het eene jaargetijde door het andere gerekend, standvastig van volumen en van snelheid. De onderstroomen die uit de Indische zee in de Roode zee en de Golf van Perzie, en uit de Atlantische in de Middellandsche zee vloeien, zijn standvastig wat hun stroomen betreft, maar veranderlijk van volumen en snelheid, als zijnde het grootst van Mei tot October, de tijd der grootste verdamping van die binnenwateren. Waar men ook plaatselijke stroomen aantreft, die afhankelijk zijn van de verdamping naar het jaargetijde, het invloeien van rivieren in de lente, of het smelten van sneeuw en ijs, daar zullen veranderingen waargenomen worden in het volumen en de snelheid der stroomen, en echter mogen zij als een belangrijk deel van de standvastige en altijd werkende machinerie des oceaans beschouwd worden.

Ik heb zeker in de bovenstaande regelen wel wat lang over de stroomen in de zee gesproken, maar het groote belang dier stroomen in de huishouding der natuur bracht mij daartoe. En daarom ook nog een enkel woord hierover, voordat wij tot een ander onderwerp overgaan. Hoe de zeestroomen zich ook vertoonen, vast, tijdelijk of veranderlijk, altijd toch dienen zij om het evenwicht in de zee te bewaren. Een groot verlies door verdamping in de heete zone wordt oogenblikkelijk opgewogen door het invloeien van koud water. De warme wateren van den evenaar worden afgekoeld door de koudere stroomen van de polen, en het warmere en lichtere water van den evenaar vloeit naar het noorden en zuiden, om de koude der polen te matigen. Het zoute en dichte water van zeker gedeelte daalt naar beneden, en stroomt als een onderstroom naar streken waar het water zoeter is, terwijl het zoetere als een bovenstroom naar dat gedeelte vloeit, om het verschil op te heffen. Het zwaardere daalt en het lichtere rijst

altijd, en zoodoende ontstaan er zoowel horizontaal als perpendiculair altijd stroomen, die als in een kring rondloopen in den oceaan. Het koude vloeit altijd naar het warmere, en het warmere naar het koude, en dat heeft invloed niet slechts op het water, maar ook op het land waar langs het vloeit, en zoodoende worden er warmte en vochtigheid gebracht naar de eene streek en eene verfrisschende koelte naar de andere. Het klimaat en gevolgelijk het leven der aarde, plantaardig en dierlijk, worden gewijzigd door deze stroomen, en in niet minder groote mate wordt het leven der zee daardoor verspreid en verdeeld. Er zijn stroomen die als groote en diepe rivieren door het water der zee bruischen: zij moeten een grooten invloed oefenen op het vervoer, de verspreiding en de rangschikking der bezinksels in de zee — hier lange strooken bezonkene stoffen nederleggende, en dáár diepe groeven en dalen spoelende in den zeebodem, hier de drijvende ijsbergen keerende, zoodat hun last van steenen, grint en zand op den bodem valt, dáár den groei van koralen en het leven van foraminiferen bevorderende, zoodat er nieuwe eilanden gevormd worden in den schoot der wateren. En behalve deze groote natuurwerken zijn zij handel en scheepvaart bevorderlijk, want ofschoon de stoom den zeeman minder afhankelijk heeft gemaakt van wind en stroom en getij, toch zoekt hij den stroom op die naar zijn doel leidt, en tracht den invloed van tegenstroomen te ontwijken.

Lezer, als gij meer weten wilt van de golven en getijen en stroomen van den oceaan, lees dan het werk van MAURY getiteld: *Physical Geography of the Sea*, het beste dat tot heden voor dezen tak van kennis verschenen is.

## *g.* BRONNEN.

Wij hebben in de vorige afdeeling onze aandacht gevestigd op het water van den oceaan, wij willen het water nu zien in den vorm van bronnen en beken, rivieren en meren. Het water dat wij zoo even beschouwd hebben, was zout, doch zoet zijn hoofdzakelijk de wateren die niet in den oceaan maar op het land voorkomen. Desniettemin behoort al het water der aarde tot een enkel groot stelsel. De waterdamp, die onzichtbaar uit het water der zee opstijgt, verspreidt zich in de atmosfeer, waar hij door koude luchtstroomen verdicht en zichtbaar wordt als wolken, nevel en mist. Al verder verdicht wordende, door grootere koude of door electrische werkingen, keert het tot de aarde terug in den vorm van dauw en regen, hagel, krot en sneeuw. Die kringloop des waters houdt nooit op: het water is nu in den oceaan, dan in de atmosfeer, nu in de weefsels van planten en dieren, dan in de korst der aarde, nu loopende over de oppervlakte der aarde, dan weer vloeiende in de zee, om al weder den zelfden loop te beginnen, en daarmede vol te houden, zoo lang als de tegenwoordige orde der dingen zal bestaan. Over het algemeen is die kringloop langzaam en onmerkbaar — zoo langzaam zelfs dat het waterbelletje, dat heden den oceaan verlaat, misschien eerst na jaren, ja zelfs

eerst na verloop van eeuwen weer in den oceaan zal terugkomen. Soms zelfs schijnt het, als het opgesloten is in een kristal of in het hout van een duizendjarigen boom, dat het nooit naar zijnen oorsprong terug zal keeren, en toch wij weten het, de verrotting of de verweering zal het eenmaal bevrijden uit zijn kluisters. Maar ook wel gaat die kringloop zoo vlug dat men hem soms als met het oog kan volgen: men ziet soms een damp uit zee opstijgen, de wind drijft hem landwaarts, als wolken komt hij in aanraking met koude bergtoppen, als regen valt hij op aarde, en voedt de bronnen en beken. Als beek en rivier en stroom vloeit de watermassa naar beneden, naar den grooten vergaderbak waaruit de lichte dampmassa eenige uren vroeger opsteeg.

„Het water," zegt Maury, „is het groote voertuig der natuur. Door zijne stroomen brengt het warmte uit de warme streken naar de kouden, en ijs uit de koude streken naar den warmen. Het sluit de warmte op in dampblaasjes, en maakt haar eerst onbespeurbaar, en brengt haar dan langs onbekende paden naar de uitersten der aarde. De stoffen waarvan de koraal-polyp eilanden, en het weekdier zijne schelpen bouwt, zijn door dezen rusteloozen verzamelaar opgezameld van de bergen, rotsen, dalen en spleten in alle gedeelten der aarde. Sommigen dier deeltjes spoelt het af van de Andestoppen, anderen van de goudvelden van Australie, of uit de zilvermijnen van Potosi, of van de slagvelden van Europa, of uit de marmergroeven van Griekenland en Italie. Die stoffen, met watervallen naar beneden gestort of door schietstroomen voortgestuwd, worden door de rivieren aan de zee overgeleverd, en door de zee aangeboden aan elke zeeplant en elk dier in de zee te rechten tijde en in den juisten warmtegraad, in den geschiksten vorm en in behoorlijke hoeveelheid. En als het water ruwer het gesteente aantast, dan knaagt het de rotsen tot stof, of maalt hen tot zand, of rolt en wrijft en slijpt hen totdat zij keien, grint en gruis geworden zijn. Het zand en gruis der zeekust zijn krachtige bewijzen van de afgeknaagde en verbrijzelende werking des waters: door het water worden de bergen en heuvelen vlak gespoeld en uitgespreid in dalen en vlakten en op de velden, ten nutte van den mensch. Daar is geen gesteente denkbaar waarop het water geen macht heeft: allen zijn uit het water ontstaan, allen zijn door het water verplaatst en vervormd. Van gedaante veranderlijk, maar in elke gedaante nuttig en onmisbaar is het water, zoet of zout, heet of koud, vast of vloeibaar of in dampvorm een der grootste machten in de huishouding der natuur."

Laat ons zien hoe het water bronnen vormt.

Het water dat uit de atmosfeer op de aarde valt, wordt gedeeltelijk, ja zelfs grootendeels door de rivieren weer naar zee gevoerd, gedeeltelijk voorziet het in de behoefte van planten en dieren, en gedeeltelijk zinkt het in den bodem. Dan dringt het niet slechts door de losse aarde heen, maar ook in barsten, spleten en holten totdat het eene ondoordringbare bedding ontmoet, en dan verzamelt het zich in de poreuze beddingen daarboven, tot groote

ophoopingen van onderaardsch water. Als er hoog in de bergen of kort onder de oppervlakte van hoogvlakten geen lagen zijn, die het water beletten door te dringen, dan zakt het soms tot zeer groote diepten ver beneden de oppervlakte van de dalen en lage vlakten, maar vroeg of laat wordt het toch eindelijk gestuit, en dan, gehoorzamende aan hydrostastische drukking, barst het naar buiten uit de eene of andere opening, en komt aan de oppervlakte of springt er boven uit, met eene kracht in verhouding tot de hoogte en het volumen van het verzamelde water, Al het water dat op de eene of andere wijze uit de aarde komt, noemt men bronwater, en de opening waaruit het komt eene bron. Maar niet alle bronnen zijn aan elkander gelijk: er zijn er die hoog op de bergen ontspringen, anderen die zich in de laagten vertoonen, en zelfs zijn er bronnen die uit den zeebodem ontspringen. Verder zijn er koude en warme bronnen, altijdvloeienden en tusschenpoozenden, bronnen die bijna zuiver water geven, en anderen welker water met verschillende stoffen bezwangerd is — wij willen aan die verschillende bronnen een paar bladzijden wijden, zonder evenwel zooveel van dit onderwerp te zeggen als er van gezegd kan worden, want eigenlijk behoort de studie der bronnen meer tot het gebied der geologie dan tot dat der natuurkundige aardrijkskunde.

Bronnen die uit oppervlakkige zand- of grintlagen ontspringen, zijn vooral afhankelijk van de hoeveelheid regenwater die op de aarde valt, en vandaar zijn zij meestal zeer klein in den zomer, of droogen dan zelfs geheel op, terwijl zij in den winter volop water geven. Diep gelegene bronnen echter, die niet onder den invloed van zomerdroogte of winternatheid staan, vloeien ten allen tijde in de zelfde mate — evenwel zijn er slechts enkele bronnen die niet min of meer van het jaargetijde afhankelijk zijn. Er zijn ook bronnen die reeds door de Ouden bezongen zijn, en die jaar in jaar uit nog evenveel water geven als zij duizende jaren geleden reeds deden. Tusschenpoozende bronnen noëmt men dezulken die bij afwisseling springen en ophouden met water geven. Zij ontstaan ongetwijfeld doordat het water zich in een onderaardsche holte verzamelt, die een uitloozingskanaal heeft, dat als een hevel werkt. Als die holte vol is, begint het water er uit te vloeien, en dit houdt vol totdat zij geheel ledig is, terwijl er eerst weer eenigen tijd verloopen moet, en de holte langzamerhand weer gevuld moet worden, voordat het water zoo hoog geworden is, dat het tot boven de bocht van de uitloozingsbuis staat; dan eerst loopt de holte weer leeg, dat is de bron springt weder.

De temperatuur der bronnen verschilt naar de plaats waar zij ontstaan. Zoo wisselt die der oppervlakkige bronnen af met het jaargetijde, terwijl bronwateren die uit de diepten der aardkorst opkomen, te allen tijde de zelfde temperatuur hebben. Wij hebben in een vorig hoofdstuk gezien dat de aardkorst op eene diepte van ongeveer 30 meter eene onveranderlijke temperatuur heeft, die niet door de warmte des zomers of door de koude des winters wordt gewijzigd, en dat beneden die diepte de temperatuur der korst op vele plaatsen toeneemt, ongeveer 1° Fahr. met elke 20 of 25 of 30 meter. Het water dat zich in de

korst boven die lijn van onveranderlijke temperatuur bevindt, zal dus warmer of kouder worden naarmate het zomer of winter is, maar het water dat zich beneden die lijn ophoudt, zal in de meeste gevallen warmer zijn dan de temperatuur der lucht. Zulke bronnen noemt men warme of heete bronnen: zij komen meestal in vulkanische streken voor. Soms zelfs gaat hare warmte die van kokend water te boven, en gaan zij vergezeld van hevige uitbarstingen van stoom. Zulke heete bronnen vindt men vooral op IJsland, de Azoren, in Midden-Azie, op Nieuw-Zeeland, in de Andes, en ook in Engeland, de Pyreneën, Duitschland, Oostenrijk en ook in andere streken die ver van elk punt van vulkanische werking verwijderd zijn. Gelijk gewone bronnen zijn ook de heete bronnen òf altijd vloeiende, zooals die van de Pyreneën die reeds sedert den tijd der Romeinen in gestadige werking zijn, of tusschenpoozend zooals de Geysers van IJsland en Nieuw-Zeeland.

Het water dat in de aarde dringt, bevat altijd min of meer koolzuur en niet zelden andere gassen: het werkt ten gevolge daarvan op scheikundige wijze op de gesteenten waarin het dringt. Zoodoende neemt het onderscheidene stoffen op uit de aardkorst, en wordt dan wat men gewoon is mineraalwater te noemen. Zoo zijn er bronnen die keukenzout bevatten, en pekelbronnen heeten; anderen die ijzerhoudend zijn; nog anderen bevatten kwarts in oplossing of ook wel kalk, sommigen geven zwavelige dampen af, en velen zijn bezwangerd met de zouten van verschillende delfstoffen en metalen. Minerale bronnen, bij voorbeeld, zijn de zwavelige wateren van Harrogate in Engeland, de pekelbronnen van Wiesbaden en van Luneburg in Hannover, de boraxbronnen van Toscane, de travertino- of kalkafzettende wateren van den Anio, de kwartshoudende geysers van IJsland, en duizend anderen, die in bijna elke wereldstreek voorkomen. Tot deze zelfde categorie behooren ook de ontlastingen van stoom, heet slijk en dergelijken, die zoo veel in vulkanische streken voorkomen, gelijk wij bij het bespreken der vulkanen reeds gezien hebben, alsmede de naphta- en petroleumbronnen.

In het dagelijksche leven noemt men het bronwater hard, in tegenstelling met regenwater en het water van rivieren, dat men zacht noemt — in het laatste lost zeep gemakkelijk op, en vormt er schuim mede, doch is in het eerste onoplosbaar, en schuimt niet.

De geneeskundige werking van sommige mineraalwateren is reeds sedert eeuwen bekend en bestudeerd. Ook voor den geoloog zijn die minerale wateren zeer belangrijk, daar zij hem den aard der gesteenten doen kennen, waar doorheen zij dringen.

Na deze algemeene beschouwing der bronnen willen wij ons bij eenigen meer in het bijzonder bepalen: zoodoende zullen wij tevens nog vele eigenaardigheden der bronnen waarnemen, die wij boven niet genoemd hebben.

De bronnen, de waterstralen die uit de spleten der rotsen of uit de groene vlakten der weiden ontspringen, vormen een der schoonste sieraden van het landschap. Het heldere, zoo pas uit de geheimzinnige diepte der aarde opge-

stegene water, het gemurmel der golfjes die voor het eerst het daglicht begroeten, de plantengroei die overal het water der bronnen begeleidt, alles werkt samen om de bronnen tot een der bevalligste natuurverschijnselen te maken. De schoonheid van het landschap waarin sommige bronnen ontspringen, heeft enkelen reeds sedert de oudheid beroemd gemaakt. Wie kent de bron van Hippokreen niet, aan den voet van den berg Helikon, en de bron van Castalie in het dal van den Parnasus, die beiden aan de Musen gewijd waren. Een armoedig en treurig dorpje ligt thans waar eens het trotsche Delphos stond, en de tempel van Apollo waarin de pythonisse hare orakels sprak. De bron die zulk een groote rol speelde in de geschiedenis der Grieken, is thans aan Sint Jan gewijd, een kleine kapel staat er naast, en een vijgeboom met klimop begroeid, beschaduwt de waterkom. Het water is zoo koud, dat men begint te rillen als men er zijne handen in dompelt.

Niet zoo lang bekend als de bovengenoemde bronnen, maar toch sedert den tijd waarin Petrarca leefde, is de bron van Vaucluse, gelegen op een mijl afstand van dat dorp. Boven het dorp ziet men eene ruïne, die het kasteel van Petrarca geheeten wordt. Voorbij deze bouwval komt men in een nauw dal, dat in een hoogen rechtstandigen rotsmuur eindigt, die het dal als 't ware afsluit,

De bron van Nimes.

vandaar den naam van Vaucluse (*vallis clausa*). Aan den voet van dien muur ontspringt de bron in den vorm van een twintigtal waterstralen, zoo dik als een man om den middel: zij vormen de rivier la Sorgue. Onder den muur die het dal sluit, ziet men een ronde kom van 20 meter in doorsnede, door groote rotsblokken omringd en van gedaante als een trechter. Het water der bron vloeit in die kom, waarvan men den bodem nog nooit heeft gepeild, en die zich onder den rotsmuur uitstrekt. De rondom de kom opgestapelde rotsblokken zijn met

een donkergroen mos bedekt; ook groeit dat mos op eene witte poederachtige kalkaarde, die door het water wordt afgezet. In 1809 heeft men bij die bron een zuil opgericht, met het opschrift: Aan PETRARCA, maar later is hij meer naar het dorp verplaatst.

De bron van Nîmes ontspringt aan den voet van een heuvel van 70 meter hoogte, op welks kruin het oude vervallene gebouw staat, dat onder den naam van Tour-Magne bekend is, en dat door sommigen voor een oude begraafplaats, door anderen voor een vuurbaken of voor een wachttoren enz. gehouden wordt. De bron van Nîmes werd door de Romeinen voor openbare baden gebruikt, waarvan men de overblijfselen nog vindt onder de bekkens, die onder LODEWIJK XIV gebouwd zijn, om de oevers van de bron in eene fraaie wandelplaats te veranderen. Links van het groote bekken ziet men de bouwvallen van den tempel van Diana. De heuvel boven de bron is beplant met fraaie boomen tot aan den Tour-Magne. Kunst en natuur werken hier samen om van de bron van Nîmes een der schilderachtigste plekjes der geheele aarde te maken: op de vorige bladzijde zien wij eene afbeelding van deze bron.

Onder de bronnen die nooit opdroogen, is eene der schoonsten de bron van Sint-Winifrede bij Holywell in Flintshire, Engeland. Men schat de hoeveelheid water, die zij in de minuut geeft, op 21,000 liter. Dat water vloeit naar de zee, die slechts een kwartier uur gaans verwijderd is, en brengt in dien loop elf molens in beweging.

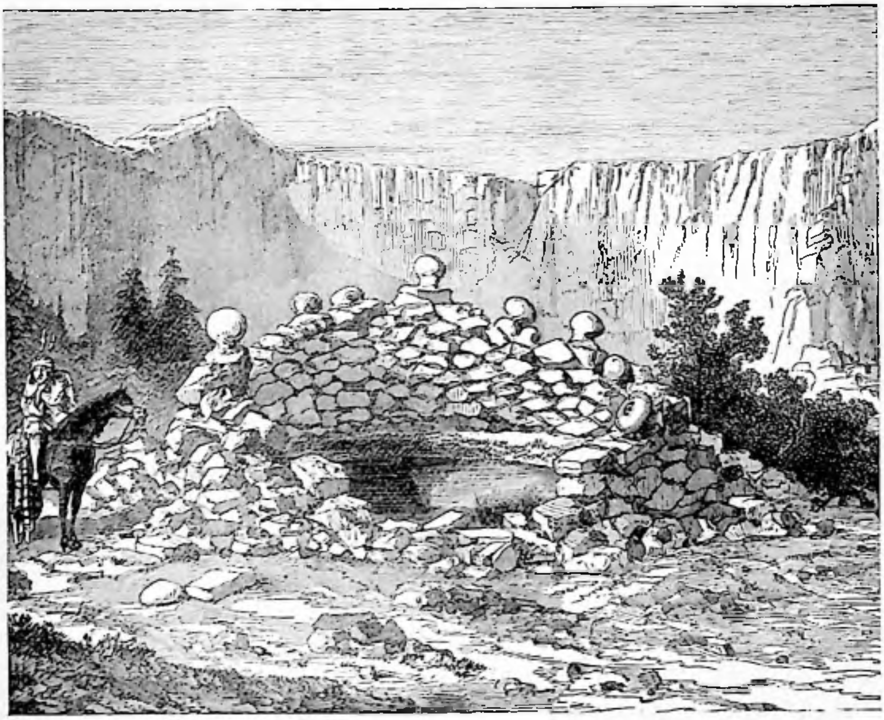
In het zuiden van Mexiko is ook eene zeer beroemde bron, niet ver van de Rio del Pescado: zij wordt de „heilige bron" genoemd. Het bekken waarin haar water vloeit, heeft 8 meter in doorsnede en 4 meter diepte.

Als het water van zekere hoogte komende in een poreuze aardlaag dringt, die tusschen twee lagen gelegen is, welke voor water ondoordringbaar zijn, en vooral als die drie op elkander liggende lagen min of meer komvormig gebogen zijn, dan tracht het water naar boven te stijgen, gehoorzaam aan de wetten der hydrostatica. Als het eene opening vindt in de bovenst gelegene laag, ontsnapt het daardoor met kracht, springt soms hoog op, en vormt dan eene natuurlijke fontein. De bronnen van de Loiret en de Touvre zijn, bij voorbeeld, zulke natuurlijke fonteinen: zij ontspringen bruischende uit diepe spleten, die door de boeren van den omtrek voor bodemlooze afgronden gehouden worden. Deze bronnen geven zooveel water dat zij reeds voor bootjes bevaarbaar zijn, op de plaats waar zij uit de aarde opwellen. De Touvre loopt in de Charente, en geeft wel de helft van al het water der laatstgenoemde rivier. Zij ontspringt met drie bronnen in een diepe spleet 15 mijl ten westen van Angoulême. Waar die drie bronnen zich vereenigen, heeft zij 100 meter breedte en 2 meter diepte. Langs hare oevers vindt men de smederijen en gieterijen van Ruelle.

Op de kust van Alvarado in de golf van Mexico vindt men een zandheuvel van 30 meter hoogte, uit welks top een fraaie waterstraal van helder, drinkbaar water ontspringt; de schepen die in de haven liggen, halen uit die fontein het benoodigde drinkwater.

Het schiereiland Morea bezit eene groote menigte natuurlijke fonteinen; wij noemen hier slechts die van Skala en van Lerna.

Zulke springbronnen komen niet slechts op het land, maar ook op den zeebodem voor, en niet zelden springt het water der bron met zooveel kracht opwaarts, dat het zich boven het zeewater uit vertoont. Dit ziet men onder anderen in de Baai van Jagua, bij de zuidkust van het eiland Cuba.

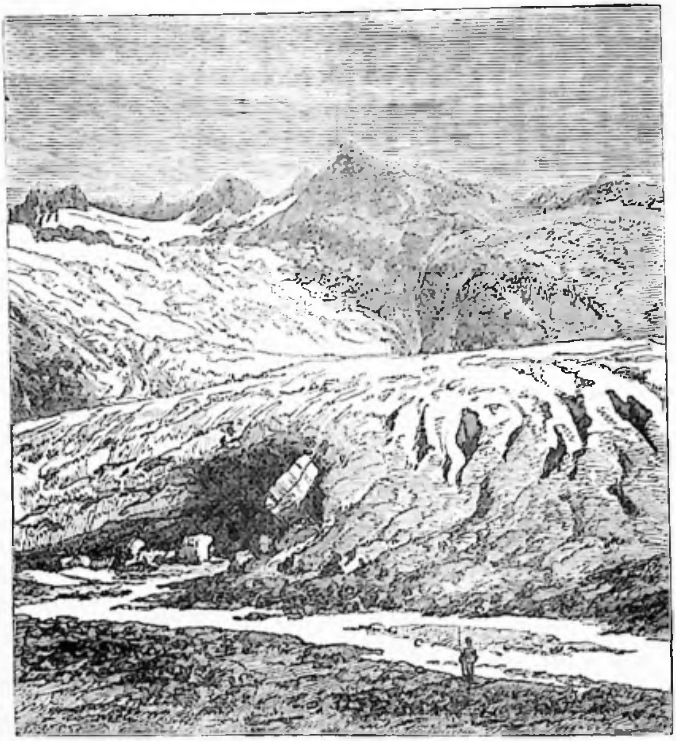


De heilige bron van Zuni, in Mexico.

„Op een afstand van twee of drie mijlen van de kust, zegt von Humboldt, ontspringen zoetwaterbronnen midden in het zoute water. Die uitbarstingen zijn zoo krachtig, dat het voor kleine vaartuigen gevaarlijk is om die plaatsen te naderen, wegens de groote golven die al klotsende elkander doorkruisen. De kustvaarders naderen soms die bronnen om drinkwater te putten, dat des te zoeter is, hoe grooter de diepte is waaruit het gehaald wordt."

Een der schoonste voorbeelden van een fontein midden in de zee, is die van de Golf la Spezzia. Het zoete water vertoont zich dáár boven de oppervlakte der zee, als een vlakke heuvel van 3 tot 4 decimeter hoogte en meer dan 60 meter in omtrek. Die heuvel bestaat uit eene menigte afzonderlijke waterstralen, die zoo krachtig zijn dat men slechts met moeite een bootje te midden van dien vloeibaren berg kan houden. Zij ligt op een afstand van ongeveer 50 meter van het land; Spalanzani peilde haar diepte op 15 meter.

Ik sprak boven reeds met een enkel woord over tusschenpoozende bronnen, en zei toen tevens dat men het ontstaan van dat verschijnsel toeschrijft



De bron van den Rhône in de Alpen.

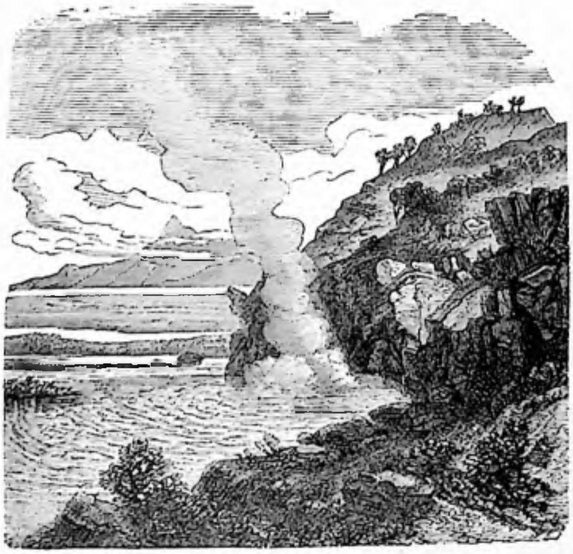
aan de aanwezigheid van onderaardsche holten, waarin het water zich verzamelt, en waaruit het vloeit door een als een hevel gebogen kanaal. Als de hoeveelheid water die er uitvloeit grooter is dan die in de holte vloeit, komt er een oogenblik waarop de waterspiegel in de holte lager wordt dan de bocht van den hevel: dan houdt de bron op met vloeien totdat de vergaderbak eerst weer op nieuw gevuld geworden is, en de hevel doet op nieuw weder zijn werk. Dat beurtelings water geven en stilstaan dier bronnen gaat soms zoo geregeld als de eb en vloed der zee. Plinius heeft reeds de tusschenpoozende bron van Como beschreven, die met tusschenpoozen van een uur springt. Die van het klooster Haute-Combe in Savoye springt om de twintig minuten, uit een verticaal kanaal in den berg Dent-du-Chat, dat van binnen met kalkafzetsels uit het water als gevoerd is. De opening van dat kanaal is 127 meter boven het meer van Bourget gelegen.

Niet ver van Chambéry is de bron van Puits-Gros, die bij het op- en ondergaan der zon, op den middag en te middernacht vloeit, dat is met tusschen-

poozen van zes uren. De bron van Boulaigne bij Fressinet geeft soms in twintig jaren geen water, en begint dan in eens te springen, houdt gedurende eenige maanden vol met water te geven, neemt dan van uur tot uur af, wordt eindelijk weer droog, en blijft zoo gedurende een vrij langen tijd.

Ook onder het bergijs ontspringen er bronnen. Dit is het geval bij voorbeeld met de rivier de Aveiron, welker bron onder den glacier des Bois is. Ook de Rhône ontspringt onder het bergijs van de Alpen. (Zie de vorige bladzijde.)

De minerale bronnen worden gewoonlijk in vier klassen verdeeld: 1. Zoute wateren (zooals die van Carlsbad, Kissingen enz.); 2. Alkalihoudenden (Vichy, Töplitz en anderen); 3. IJzerhoudenden (Spa, Pyrmont enz); 4. Zwaveligen (Baréges, Aken en anderen.)



Warme bronnen in het land der Mormonen.

Wateren die warmer zijn dan de temperatuur der omringende dingen, noemt men heete bronnen, zooals ik boven reeds met een enkel woord zei. Von Humboldt heeft bij Valence in Amerika eene bron gevonden, welker water eene warmte had van 90°. Bousingault heeft in het zelfde werelddeel, op verschillende hoogten boven de zee, drie warme bronnen waargenomen: die van Trincheras bij Puerto-Cabello, bijna gelijk met den zeespiegel, was 97°; die van Mariana, die op 676 meter hoogte ontspringt, had 64°; en die van Onoto, op 702 meter hoogte, was slechts 45°. Heete bronnen ontspringen in alle gesteenten, en zelfs midden in de rivieren en in de zee. De Rhône bij Saint-Maurice, en in de Golf van Napels zijn voorbeelden van zulke uit het water ontspringende heete bronnen. Echter komen heete bronnen het meest in vulkanische streken voor, en veelal zijn zij dan tevens zwavelbronnen. Dit is onder anderen het geval op vele plaatsen

in den omtrek van Napels en op Sicilie, alsmede in de Pyreneeën, in Auvergne, en op andere plaatsen. Kapitein Burton heeft warme bronnen gevonden in Oost-Afrika. De zelfde reiziger heeft in 1860 de Hot Springs bezocht, die gelegen zijn op omstreeks 5 mijl afstand van de Stad der Heiligen, de hoofdstad van het land der Mormonen, in Utah, in Noord-Amerika. Een groote hoeveelheid water welt uit den bodem op, en vormt een meertje van 2 tot 6 mijl in omtrek, al naar het jaargetijde. Ter plaatse waar het water uit het gesteente komt, is het warm genoeg om een ei te koken, en op een grooten afstand van de bron is het nog vrij warm. In den winter wordt deze bron door groote zwermen watervogels bezocht, die er zich in warmen, en door de kinderen der Indianen, die op den oever nederhurken om hunne door koude verstijfde handjes te verwarmen. De Mormonen beweren dat dit water in zuiverende eigenschappen zelfs het water van den Jordaan overtreft.

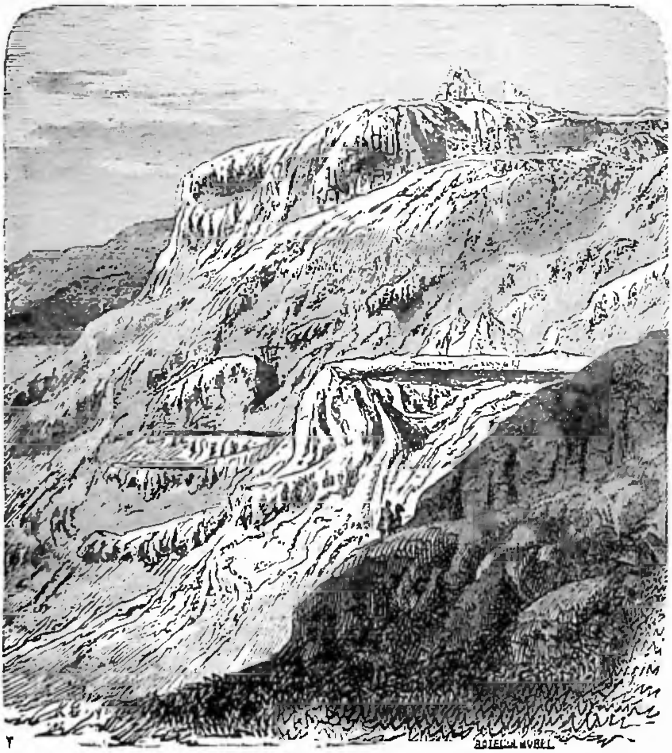
Sommige minerale wateren zetten de stoffen, die zij in oplossing bevatten, af op de voorwerpen waarmede zij in aanraking komen. Kalk en kwarts zijn hoofdzakelijk de stoffen, welke op die wijze uit het water worden afgescheiden. Men noemt zulke bronnen omkorstende of incrusteerende bronnen. Het eenige bekende voorbeeld in ons land, van een water dat kalk afzet rondom de rietstengels en andere voorwerpen die zich in het water bevinden, is het meertje van Rockanje in het land van Voorne, in Zuid-Holland. Maar op vele andere plaatsen der aarde vindt men zulke omkorstende wateren. De wateren van Carlsbad zetten een korst van koolzuurkalk af rondom bloemruikers, boomtakken en andere voorwerpen, die men er eenigen tijd in houdt. Ook in Toscane, in Frankrijk en elders zijn vele incrusteerende bronnen. Een der schoonsten der geheele wereld is die van Hierapolis, die reeds in de oudheid beroemd was. Hare warme wateren zetten, nadat zij uit den grond gekomen zijn en langs de helling van den berg vloeien, eene reeks van versteende watervallen af. De afbeelding op de volgende bladzijde vertoont ons de kalkrotsen, die door deze bron in het dal van Pamboekalise in Klein-Azie gevormd zijn.

Kalk en kwarts, zei ik boven, worden door minerale wateren afgezet; met eene beschrijving van eene bron die ten minste in vier opzichten belangrijk is, namelijk als heete, als tusschenpoozende, als incrusteerende, en als hoog uit den bodem opspringende bron, willen wij dit korte overzicht der bronnen besluiten. Het is de groote Geyser van IJsland, die ik bedoel.

Aan den voet van de Laugafjäl, in eene omstreeks twee mijl breede vlakte die van den berg tot aan de zee loopt, ligt het brongebied van den Grooten Geyser. Dat ruime dal is met een fraai groen en dicht grastapijt bedekt, waar verscheidene beken als zilverdraden door heen loopen; rondom vormen de dofgekleurde leikleurige bergen of heuvels, waarboven en achter enkele met sneeuw bedekte kruinen uitsteken, een grootsch, al is het ook een droevig tooneel.

Reeds van verre verraden die warme bronnen, ongeveer 40 in getal, zich door lichte, witte, over den bodem heenstrijkende dampen, of door krachtige

stoomzuilen, die als wolken naar boven dwarrelen. Op elke andere plaats zou reeds de kleinste dier bronnen de aandacht van den reiziger tot zich trekken, maar hier vervult de Groote Geyser zijne geheele ziel, en met hoog gespannen verwachting gaat hij daar naar toe. In den loop der tijden heeft deze grootste

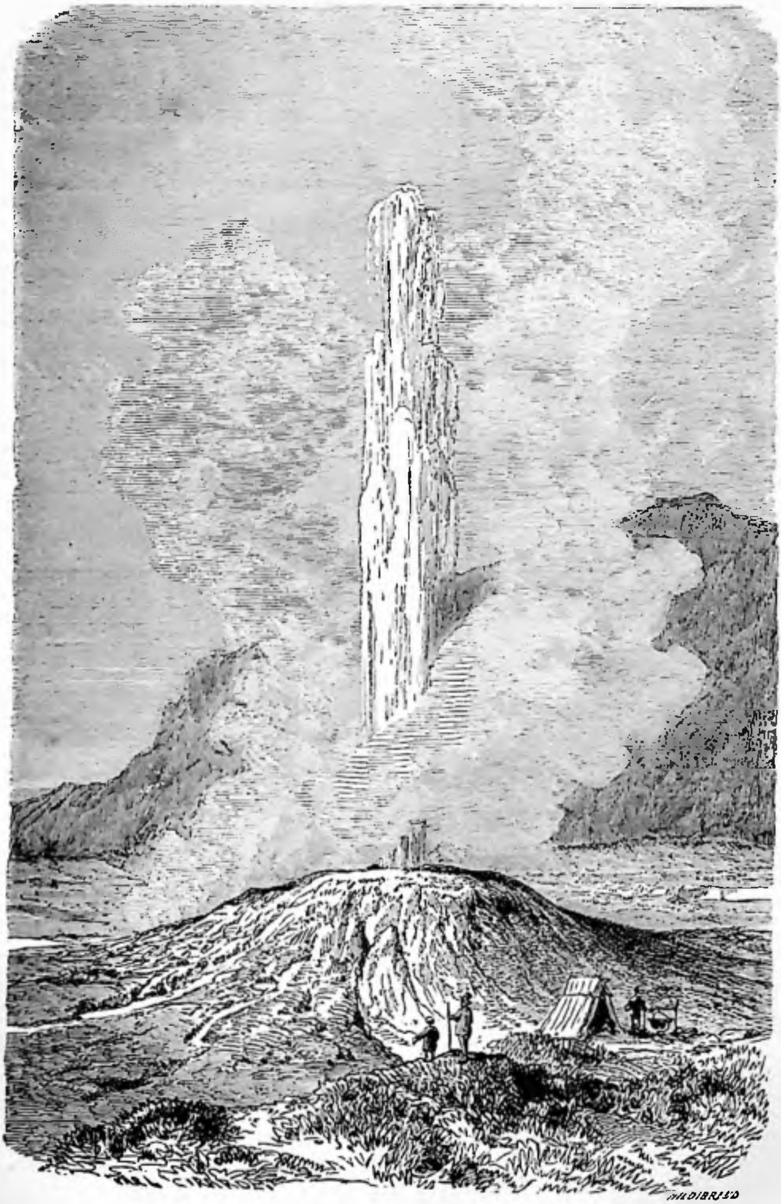


Versteende waterval van Pambockalise.

aller springbronnen op aarde een vlakken, 10 meter hoogen kegel van uit het water afgezet, zoetwaterkwarts gevormd, waarin een langwerpig bekken uitgehold is, welks doorsnede in de lengte 21 meter, en in de breedte 27 meter bedraagt. In het midden van dat bekken loopt een reusachtig boorgat, eene kokervormige buis, naar de geheimzinnige onderwereld. Aan haren mond in het bekken heeft zij een doorsnede van 16 meter, maar weldra wordt zij nauwer, en schijnt dan niet meer dan 3 of 4 meter wijd te zijn. Zij is ongeveer 25 meter diep; maar dat er zich van daar verborgene pijpen vertakken, is meer dan waarschijnlijk. De wand dier pijp is glad geslepen, en zóó hard dat het niet mogelijk is om er met den hamer een stuk af te slaan. Meestal vindt men het bekken met kristalhelder, zeegroen water gevuld, dat eene temperatuur van 82° C. bezit, en naar het oosten over den rand vloeit. Men verwondert zich over die rust, en vraagt hoe het mogelijk is dat eene zoo vreedzaam er uit-

ziende bron, op sommige tijden zoo hevig kan opbruischen. Doch plotseling hoort men een onderaards donderen; de bodem siddert; het water in het bekken begint te borrelen; groote gasbellen stijgen uit de pijp op, spatten aan de oppervlakte uiteen, en slingeren het kokende water in de lucht. Reeds hoopt men het trotsche schouwspel te zullen genieten, maar weldra wordt alles weder stil en rustig, en de groote dampwolken, door het opborrelen veroorzaakt, verdwijnen weder voor den adem van een zacht koeltje. Wel herhalen zich die kleine uitbarstingen met zeer regelmatige tusschenpoozen van een uur en twintig tot dertig minuten, doch men kan dikwijls een geheelen dag en nog langer wachten, vóórdat de Groote Geyser al zijne wonderbare kracht ontvouwt. Een sterk donderen gaat de uitbarsting vooraf; het water in het bekken begint te golven, en dwarrelt rond; in het midden vertoonen zich geweldige dampblazen, en, als in een fijnen, schitterend witten stuifregen opgelost, schiet nu een waterstraal van 30 tot 35 meter hoogte, die weldra door een tweeden en een derden gevolgd wordt, met een ontzettend geraas in de lucht op. Groote en kleine stralen verspreiden zich nu naar alle kanten, sommigen ter zijde uit, en anderen regelrecht naar de hoogte. Ontzachlijke dampwolken volgen elkander op, en omhullen gedeeltelijk de waterzuil. Nu nog een stoot, een doffe knal in de diepte, daarna een spitse, alle anderen in hoogte te boven gaande straal (gewoonlijk ongeveer 30, maar bij bijzonder gunstige gelegenheden 50 meter hoog) somtijds met steenen vergezeld — en het geheele verschijnsel stort, na eenige minuten, als een fantastisch droombeeld ineen. Het even te voren geheel met water gevulde bekken ligt nu volkomen droog, en ziet men over den rand van de pijp naar beneden, dan ziet men met verbazing het water bijna 2 meter beneden den rand, rustig en stil als in een gewonen put. Maar na ongeveer 30 tot 40 minuten begint het weder te rijzen, en na eenige uren is het bekken tot aan den rand met water gevuld. Weldra laat zich ook weder de onderaardsche donder hooren, en zoo herhaalt zich, jaar uit jaar in, dat wonderbare spel. Doch van den ongehoorden ouderdom van den Geyser geeft het bekken getuigenis, dat hij zich zelf gevormd heeft, en wel te meer valt die in het oog, als men bedenkt hoe weinig kwarts zijn water bevat. Misschien bestond de Groote Geyser reeds voor de komst van den eersten mensch op aarde, en mogelijk zal hij ook den laatsten overleven.

De merkwaardigste springbron na den Geyser is de 120 meter van hem afliggende Stokkr, die veel kleiner is, en zich ook geen kegel van kwartstuf gevormd heeft. De bovenste doorsnede van zijne pijp is 2 meter lang, maar op eene diepte van 8 meter beneden den grond is die pijp zoo nauw, dat zij dáár nog slechts een paar decimeter in doorsnede heeft. Zij gelijkt dus op de bloemkelk eener winde, tot aan den rand in den grond geplaatst. Op eene diepte van 12 meter bereikt het dieplood den grond, of stoot ten minste op eene hindernis die het verder zakken belet. Het water staat van 3 tot 4 meter onder den rand, en kookt meest altijd hevig. Even vóór het begin der uitbarstingen, die veel vaker plaats hebben dan die van den Grooten Geyser, stijgt er eene



De groote Geyser op IJsland.

hooge dampzuil uit de pijp, waarop schielijk na elkander eenige, 40 tot 50 meter hooge waterstralen, als in den fijnsten stuifregen opgelost, volgen. Bijzonder merkwaardig aan den Strokkr is het, dat men hem ten allen tijde, als hij in rust is, tot eene uitbarsting kan noodzaken, door de pijp met steenen en zoden te verstoppen. Na ongeveer tien minuten hebben de in de diepte terug gehoudene gassen zulk eene spanning aangenomen, dat zij den geheelen inhoud der pijp, steenen, aarde en water als eene fontein van slijk in de lucht spuiten. Door eene dergelijke drukking van gassen die zich in onderaardsche holen ontwikkelen, en zich van tijd tot tijd, door het water vooruit te drijven, lucht geven, verklaart men die wonderbare geysers en dergelijke springbronnen. Het water van deze heete bronnen is reukeloos en zonder een onaangenamen smaak. Het bevat een weinig keukenzout, glauberzout, koolzuur, soda, en de reeds gemelde kiezelaarde of kwarts die door het loogzout, door bemiddeling van warmte, opgelost gehouden wordt.

De verklaring van het bij afwisseling springen en in rust zijn van de geysers is langen tijd vrij moeielijk geweest; men meende die te vinden in den afwisselenden graad van spanning of van heete gassen die zich in de diepte ophoopten. In onze dagen heeft Bunsen, die in 1846 met Descloiseaux IJsland bezocht, eene andere verklaring van dat opmerkelijke verschijnsel — het intermitteeren van heete bronnen — gegeven, die door J. Müller te Freyburg in den Breisgau, door middel van een model, bewezen is hoogst waarschijnlijk de ware te zijn. Volgens Bunsen zou het water, dat reeds heet uit eene groote diepte opstijgt, in de zoogenoemde pijp van den geyser nog hooger verhit worden, en wel tot dampvormigen toestand, door eene warmtebron die zich in de pijp bevindt. Die heete damp veroorzaakt de donderslagen welke vóór het opspuiten gehoord worden, en tevens het opspuiten zelf. Het in de lucht opgeworpene water geeft dáár zijne warmte af, en valt koud weder naar beneden in de pijp. Daardoor verkoelt dan het water dat zich dáár bevindt, en er is dus telkens weêr eene nieuwe verhitting noodig, om een nieuw opspringen te veroorzaken.

Meer dan het voorgaande over de bronnen te zeggen, laat het bestek van dit boek niet toe: ten slotte nog een enkele opmerking. Hoe onbeteekenend elke bron op zich zelf ook schijnt, vergeleken bij de geheele groote watermassa op aarde, toch vervullen alle bronnen samengenomen eene zeer groote rol in de huishouding der natuur. Indien het water dat als regen, sneeuw, hagel enz. op de aardkorst valt, onmiddellijk weder door de groeven en sleuven der oppervlakte werd weggevoerd, zou de aarde op het eene oogenblik overstroomd worden, en op het andere zoo droog zijn als kurk. Doch dit gebeurt niet: het water zakt in de aarde, wordt door haarbuisjesaantrekking daarin verspreid, hoopt zich op in de spleten en poriën der gesteenten, en wordt dus als in een voorraadschuur verzameld tot later gebruik, en door de bronnen uitgegeven in kleine hoeveelheid, maar onafgebroken. Bronnen zijn de groote levenweksters der natuur: zij verschaffen de onmisbaarste stof voor het dierenleven, en versieren zelfs de woestijn met een krans van groene planten en bloemen rondom haren mond. Bronnen

zijn de altijd vloeiende oorsprongen der rivieren en stroomen: als er geen bronnen waren, zouden de meeste beken en rivieren gedurende een groot gedeelte van het jaar slechts eene reeks van stilstaande poelen zijn, in plaats van onophoudelijk te vloeien, zooals zij nu doen. Stil en onmerkbaar zoekt de bron haren weg door de gesteenten heen, lost hier een deeltje op en knaagt daar een deeltje af, en voert het naar den oceaan, om te vergoeden wat er van minerale zelfstandigheden door planten en dieren uit de wateren wordt opgenomen. Stil en onmerkbaar zoekt zij haren weg door de gesteenten heen, lost stoffen op, en geeft die zoodoende gelegenheid om te kristalliseeren; zij vult de holligheden in het gesteente met schitterende kristallen, en de spleten der korst met ertsen en andere mineralen. Zij doordringt het gesteente en doet het van aard veranderen: geholpen door den tijd maakt zij van zand zandsteen, van mergel kalksteen, van los puin en grint conglomeraten en brecciën — had ik ongelijk met te zeggen dat de bronnen eene groote rol spelen in de huishouding der natuur?

### *h.* BEKEN EN RIVIEREN.

Het water dat als eene bron uit de aardkorst vloeit, loopt naar de laagte, en vormt eene b e e k, en als vele beken bijeen komen, of als er regenbeken invloeien, vormen zij eene r i v i e r. Is er eene grens waar de beek ophoudt beek te zijn, en rivier wordt? Neen. Het is er mee als met heuvels en bergen: de een noemt een heuvel wat voor den ander een hooge berg is, en omgekeerd — zoo ook hier: men kan een zeer breede beek een kleine rivier, en een riviertje een beek noemen, er is geen bepaling te maken van het onderscheid tusschen een beek en eene rivier. Beken die uit bronnen ontstaan, zijn grootendeels standvastig, maar als zij van den regen, het smelten van sneeuw enz. afhangen, zijn zij tijdelijk, en dikwijls bestaan zij dan slechts korten tijd. De bedden waarin standvastige beken vloeien, noemt men beekdalen, ravijnen, sleuven, *glens*, *gorges*, enz. en die van regenbeken noemt men in Indie *nullahs*, in Arabie *wadies*, in Nieuw-Holland en andere landen *creeks*, enz.

In alle landstreken der wereld vindt men beken, maar in regenlooze streken natuurlijk het minst. Zij vertoonen zich vooral op de hellingen der bergen en den rand der dalen. Langs de hellingen vloeiende met groote snelheid, vormen zij watervallen en schietstroomen, en maken groeven in het gesteente, die des te dieper worden hoe sneller zij stroomen en hoe losser het gesteente is. Zeer groot is de hoeveelheid vaste stof die door de beken van de bergen naar beneden gespoeld wordt: men behoeft slechts het oog te vestigen op een hoog gebergte, om te zien hoe diep het gegroefd en ingesneden is door die rustelooze werksters. Het groote verschil in voorkomen en uitzicht van het eene bergachtige landschap met het andere, hangt eenig en alleen af van de afknagende macht des waters, en de tegenwoordige vormen der bergen en heuvels zijn veel minder een gevolg van de kracht die hen heeft opgeheven, dan van de macht die het water op hen oefent.

De beken vormen als 't ware een netwerk van draineering op het land: zij voeren het overtollige water weg, en beletten dat het zich in venen, moerassen en poelen ophoopt. Zij zijn de ontvangers en verspreiders van het water, dat als regen of sneeuw op de hoogten valt, en brengen het naar de laagten. De mensch vestigt zijne woonplaats steeds bij voorkeur langs beken en rivieren: zij verschaffen hem water voor zijn huisgezin, voor zijne tuinen en boomgaarden, voor het drijven van zijne molens en andere machines. Geen wonder dus dat in vorige tijden, toen de mensch nog niet zoo verlicht was als tegenwoordig, elke bron en beek hare godheid had — de primitive mensch aanbidt de uiting van het levenvoortbrengende beginsel, dat de meer ontwikkelde mensch tot een hoogere en goddelijke bron kan terugbrengen.

Gelijk de beken ontstaan door het samenvloeien van bronnen, zooals wij boven zagen, ontstaan de rivieren door het samenvloeien van beken. Eene rivier ontspringt dus als bron op het eene of andere gebergte, loopt naar beneden, neemt andere beken en rivieren op, knaagt haar eigen bed uit, vormt dus hare eigene oevers, en ontlast eindelijk haar water door haar mond in de eene of andere zee, meer of zeearm. Zoo kunnen wij dus in een paar regels zeggen wat eene rivier is, maar de lezer zou zich zeer bedriegen als hij meende dat in een paar regels alles gezegd is wat er van de rivieren te zeggen valt: de rivieren zijn zoo belangrijk en oefenen zulk een grooten invloed op onze aarde, dat wij niet mogen nalaten eenige bladzijden te wijden aan het water, dat als rivieren van de hoogten naar de laagten vloeit.

De geringste oneffenheden van den grond geven het water aanleiding om te vloeien. Het streven naar het evenwicht, ten gevolge waarvan het water over eene volkomen effene oppervlakte der aarde een overal even hoog dekkleed zou vormen, is de oorzaak dier beweging. Het water tracht zich in de kuilen te verzamelen en vult die, zoolang er geen gebrek aan toevoer is, totdat zijn spiegel de laagste plaats van den rand bereikt. Dan vloeit het over die plaats heen, en stroomt naar een naburigen kuil. Zóó gaat het van den een in den anderen, totdat het eindelijk in een kuil aanlandt welks rand niet meer te bereiken is, of in de zee. Opmerkelijk is het dat het vlietende water op de aarde, van de bronnen tot de laatste kuilen waarin het tot staan komt, zich in gruppels beweegt, welker bodem hoe verder van de bronnen af al dieper en dieper wordt, en dat niet eene rij of groep van min of meer diepe kuilen het water opneemt, waartusschen slechts vlakke verbindingsgruppels het overvloeiende water uit het eene bekken naar het andere voeren. Slechts zeer zelden geschiedt dat, en die verbindingsgruppels missen dan volkomen het voorkomen van gewone rivierbedden: ook zijn zulke bekkens meestal kuilen door instortingen ontstaan, die op den weg des waters gevormd zijn geworden. Zij kunnen geen inbreuk maken op den algemeenen regel, dat het water altijd naar telkens lagere plaatsen vliet. Die regel is te verklaren door de beschouwing van den aard en de wijze waarop de r i v i e r b e d d e n gevormd zijn, en die beschouwing is tevens ook geschikt om ons eene verklaring te geven van

de wijze waarop zulke rivierbedden ontstaan zijn, die reeds lang vóór de tijden der geschiedenis aanwezig waren. De bedden der rivieren zijn het werk van het vlietende water zelf. Door de drukking en door de wrijving deelt het zijne beweging aan de aarddeeltjes mede, waarmede het in aanraking komt. Die werking van het water wordt sterker naarmate de snelheid van zijne beweging toeneemt, en deze laatste hangt op hare beurt af van de helling van den bodem waarover het water vloeit. Indien twee verdiepingen van den grond door eene tusschenliggende verhooging van elkander zijn gescheiden, dan rijst het water in de eerste zoo lang, totdat het over de laagste plaats van de scheidende hoogte heen vloeit, en zoo stroomt het dan in de tweede, met eene snelheid die aan de helling des bodems beantwoordt. De oppervlakte van zulk eene helling komt daardoor in beweging en wordt mede gesleurd. Wijl nu dit alles volhoudt, moet het water telkens al meer en meer de scheidende hoogte uitholen en afslijpen, totdat zij eindelijk geheel is weggespoeld, en het water een vrijen loop uit de eene kom in de andere verkrijgt. Zulk een uitknagen van rivierbedden begint zoodra een land ook slechts zeer weinig boven den waterspiegel der zee rijst. Nergens ontbreekt het den bodem aan oneffenheden, al zijn zij ook nog zoo klein; en die oneffenheden verwekken onregelmatigheden in het afloopen des waters. Zelfs de ruggen van de geheel onder water liggende klippen en diepten zijn gegroefd. Die groeven richten zich naar de strekking der hoogten, soms ook naar de dwarsplooien der gebergten, en niet zelden ook naar de kloven die door de lagen heentrekken. Al vormen ook de oneffenheden onregelmatige en afzonderlijk liggende kuilen, uit welke het water van den een in den anderen moet vloeien, terstond begint toch het uitknagen en groeven van de scheidende ruggen, en er ontstaan stroombedden met een onafgebroken verval. Hoe hooger het land na het eerste ontstaan van zulk een rivierbed rijst, des te langer wordt het laatste, wijl het zich altijd tot aan de lijn van de laagste eb tracht uit te strekken. Daar het eerst gevormde gedeelte van het stroombed natuurlijk het langst aan de uitknaging is blootgesteld, moet het dáár gevolgelijk ook het diepst zijn. Terwijl men dus de rivieren in de nabijheid van de zee meestal in ondiepe bedden tusschen vlakke oevers ziet stroomen, vloeien zij integendeel meer binnenwaarts in des te diepere groeven, en in de hoogere, vooral in de bergachtige streken, zelf in de diepste kloven. De verschillende gesteenten waaruit de bodem bestaat, begunstigen de uitknaging in eene verschillende mate: de zachten worden spoedig, de harderen slechts zeer langzaam gegroefd. Daardoor komt het dat het bed van een rivier op de eene plaats zooveel meer kan hellen dan op de andere, ofschoon de helling nergens volkomen afgebroken is. Het bed bezit dan als 't ware schuinsche trappen. Wijl in de vlakten veelal eene en de zelfde steensoort groote streken beslaat, terwijl in de gebergten de steensoorten natuurlijk veelvuldig moeten afwisselen, is het verval der rivierbedden over het algemeen in de gebergten niet slechts sterker dan in de vlakten, maar in de eersten zijn ook de trappen der bedden dichter bij elkander en veel hooger dan in de laatsten. Terwijl in de

De Staubbach in het dal van Lauterbrunnen in Zwitserland.

De waterval van Gavarnie in de Pyreneen.

vlakten het verschil in de stroomsnelheid nauwelijks te bespeuren is, vindt men in de gebergten de uitersten daarvan. Over plotselinge, steile hellingen stort hier het water met een stouten sprong naar beneden, ja soms zelfs valt het geheel vrij, zoodat men achter de bruischende watermassa kan staan, zonder anders als door het spattende schuim nat gemaakt te worden.

Wij willen hier, voordat wij verder met het water naar beneden gaan, een oogenblik rusten, en eenige watervallen beschouwen.

In de zwitsersche Alpen vinden wij een der hoogste watervallen die tot heden bekend zijn. Zij wordt gevormd door een kleine rivier, de Pletschbach geheeten, die in het dal van Lauterbrunnen nederstort, en daar den naam van Staubbach voert. Over een rotsmuur van 305 meter hoogte valt het water naar beneden, maar eer het den grond raakt, verstuift het tot een nevel, en de wind drijft het als een fladderende sluier heen en weer, een nevelsluier waarin de kleuren van den regenboog schitteren.

De waterval van Gavarnie of van Marbore in de Pyreneën is ook een der schilderachtigsten. De rivier de Gave vloeit als een wilde bergstroom in een nauw bed, dat slechts hier en daar door een kuil wordt afgebroken, totdat zij komt aan den zoogenoemden „pot van Gavarnie" een groot rotsamfitheater, bijna halfcirkelvormig van gedaante. Het is een rechtstandige rotsmuur van 400 meter hoogte, gekroond met groote rotsblokken. Tusschen die rotsblokken stort het water in tien of twaalf stralen over den rand van den muur heen naar beneden. De dikste dezer waterstralen wordt als de bron van de rivier de Gave du Pau beschouwd.

De pot van Gavarnie, zegt Ad. Joanne, heeft een omtrek van 8600 meter, en bestaat uit drie als muren op elkander gestapelde perpendiculaire trappen. De eeuwige sneeuw die de kruinen bedekt, wordt doorboord door de toppen van den Astason of Frazona ten westen, den Taillon ten oosten, en in het midden door den Cylindre, die 3322 meter hoog is. Doch het zijn de watervallen die het meest het oog des bezoekers trekken. Duizende waterstraaltjes vloeien van de hoogte af, springen van trap tot trap, doorkruisen elkander, vereenigen hunne schuimende golven, en vallen in tien of twaalf beken over den rand van den muur heen, alsof het strooken sneeuw waren, en verdwijnen in het bergijs daar beneden. Het getal waterstralen wisselt af met de jaargetijden en met de hoeveelheid sneeuw op de toppen. maar nooit zijn er minder dan twee. Een dezer twee valt van eene hoogte van 422 meter. Het water valt hier langzaam als een wolk die naar beneden daalt, of als een kanten sluier dien men ontplooit, en het oog volgt met genoegen de bevallige golvingen van dien schoonen luchtsluier. Het water glijdt langs den rotsmuur, en schijnt eerder voort te schuiven dan te vloeien, en de zonnestralen gaan er door heen. Het komt beneden als een bundel van zachte golvende vederen, en spat op als een stof van zilver, en het frissche doorschijnende schuim bedekt als een donskleed het natte gesteente daar omheen.

Zweden en Noorwegen zijn ook rijk aan prachtige watervallen. De grootste

is die van Trollhätta in de Gotha-Elf, de uitloop van het groote Wener-meer, dat door een twintigtal rivieren gevoed wordt. Al dat water valt in een afgrond van 40 meter diepte op scherpe rotsblokken neder, waardoor het in een zee van schuim wordt veranderd. Ook de waterval van Elfkaerlety is zeer schoon. In Noorwegen vindt men onder anderen in de provincie Tellemarken den val van Rjukandfoss, die door de Maan-Elf gevormd wordt, en 310 meter hoog is; verder die van Teiumfoss, van Glommen, van Utahanna en anderen.

Op de grens van Lapland vormt de Angermanna-Elf, eene schoone rivier zoo

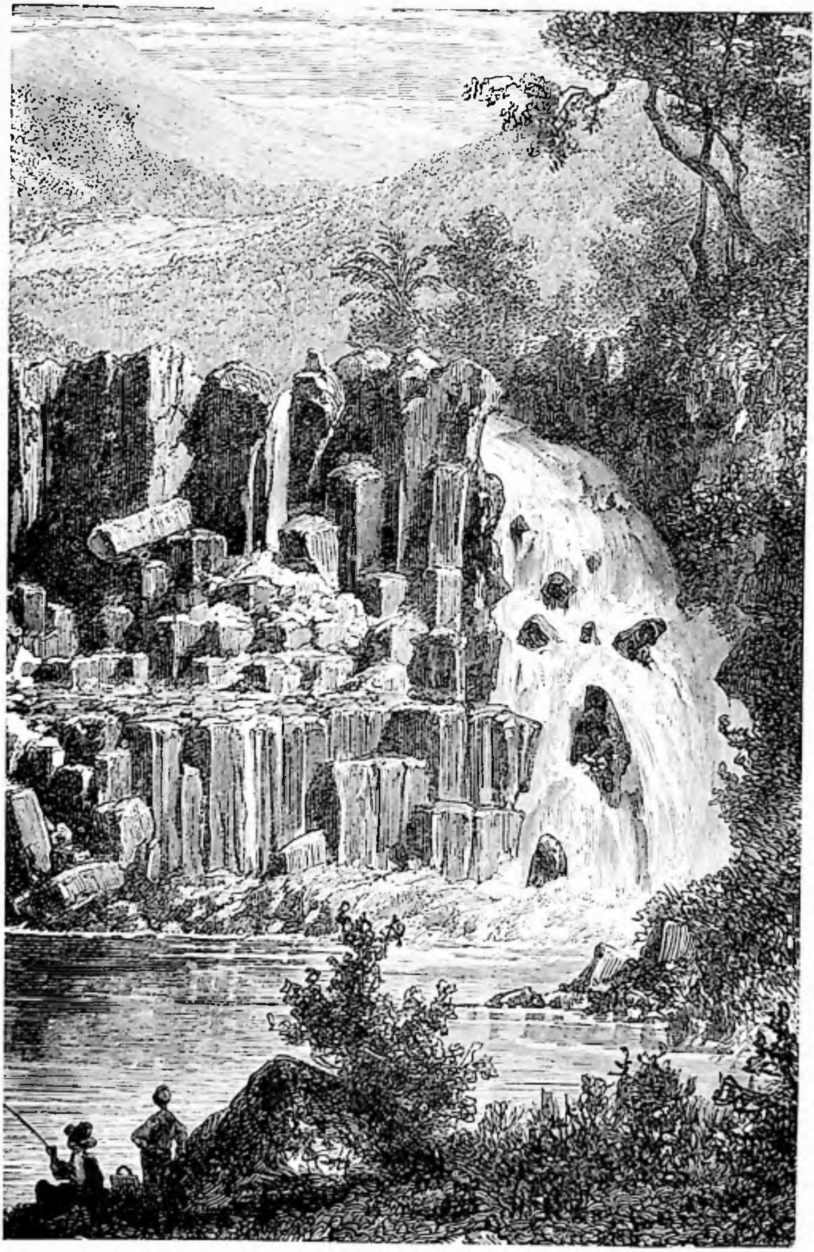
Waterval van de Angermanna.

breed als de Donau en door eeuwenheugende bosschen vloeiende, een prachtigen waterval bij Liden. Het water valt daar op een archipel van kleine eilanden, die het schijnt te willen wegspoelen in zijne golven van schuim.

In Duitschland vind men ook menigen fraaien waterval, die ik hier echter onmogelijk allen kan beschrijven, omdat wij nog eenige veel grooteren in andere deelen der aarde moeten beschouwen. Wij noemen hier slechts die van den Reichenbach in het Berner Oberland, de Giessbach en de vallen van Pissevache in Walliserland; de Nant-d'Arpenas in het dal der Arve; de vallen van de Linth in het kanton Glaris; die van den Aar, van den Reus en vele anderen.

Een kleine waterval van de rivier la Savane op het eiland Mauritius mogen wij hier niet vergeten: zij stort over een basaltmuur heen, gevormd uit regelmatige, zeszijdige zuilen, gelijk aan die van het hol van Staffa, het Fingalshol, waarover wij boven gesproken hebben.

Ook in het Himalaya-gebergte vindt men vele watervallen, waarvan ik die



De waterval van la Savana op het eiland Mauritius.

van den Satledje reeds boven vermeld heb. In de Andes storten de *Quebradas*, zooals de watervallen dáár geheeten worden, soms in diepten van meer dan 100 meter neder. Ook roemen de reizigers de *Falling Spring* in den staat Virginia, een prachtigen boog van water, die over een hoogen rotsmuur naar beneden stort, met zooveel kracht, dat men tusschen dien muur en het water droogvoets kan loopen.

De meeste watervallen die wij boven beschouwd hebben, zijn eigenlijk eenvoudige watervallen, dat is, het water valt van eene hoogte als van een reusachtigen drempel neder, en vloeit vervolgens verder. Dezen komen hoofdzakelijk voor in den bovenloop der rivieren — wij zullen later zien wat dit beteekent — en dus veelal als de rivier nog den naam van beek draagt. Doch later, als zij door het opnemen van vele beken breeder geworden is, in haar middenloop dus, en als het bed waarin zij vloeit terras- of trapvormig is, dan wordt de zaak anders: het water stort dan van trap tot trap, vertoont beurtelings een waterplas en een muur van water, en komt zoodoende eindelijk in de vlakte, waar het bed effener en zachthellende wordt. Zulke trapvormige watervallen noemt men ook wel cataracten; zij komen in vele groote rivieren voor, en vorderen hier eene korte bespreking.

De Velino in den Kerkelijken Staat vormt twee heerlijk schoone watervallen, een van 240 en een van 180 meter hoogte. De Aarefall op den Grimsel in het Berner Oberland dondert van eene hoogte van 50 meter af. Zeer schoon is onder anderen ook de val van den Bogota bij Tequendama in Nieuw Granada, 180 meter hoog; en de meeste kleine, dikwijls zoo schilderachtig schoone watervallen der Alpen, b. v. de Gollinger waterval in het Salzach-dal in Oostenrijk. De heerlijkste waterval echter is die van den Rijn bij Schaffhausen, 25 meter hoog en 170 meter breed. Wanneer de rivier de grootste hoeveelheid water bezit, verdwijnen de trappen van het bed onder de bruischende en kokende golven, slechts twee rotsklippen steken ook dan nog uit den vloed opwaarts.

Van alle groote watervallen der aarde is de schoonste en grootste die van den Niagara, de groote rivier die het water van het meer Erie brengt in het 27 meter lager liggende meer Ontario. Bij eene breedte van 800 meter stort hij zijne ontzachelijke watermassa over eenen 50 meter hoogen rotsmuur heen. Door verscheidene klippen wordt hij in drieën verdeeld: doch over dezen trotschen val zullen wij straks uitvoeriger spreken. Op hem volgen in grootte en pracht de watervallen van den Missouri, een rivier die, kort nadat zij uit de Rocky Mountains te voorschijn is gekomen, 113 mijl beneden hare bronnen eene mijl breed is, en dáár over eene rij van trappen van omstreeks 120 meter hoog naar beneden stort. De hoogste en steilste dier trappen is 30 meter, en de stroom is daar 260 meter breed, en daarop volgt een trap van 17 meter hoogte bij 450 meter breedte. Wel is waar valt hier het water niet vrij, en bedekt het de helling der rotsen, maar de snelheid van den val wordt daardoor weinig verminderd, wijl slechts de onderste waterlaag over het gesteente

schuurt, en daardoor min of meer tegengehouden wordt, doch verre de grootste massa vrij naar beneden stort.

De andere groote watervallen van Amerika zijn die van den Potomac, van de Columbia, van de Tequendama, niet ver van Santa Fé de Bogota, en van de Yosemity in California, die 800 meter hoog is. De rivier de San Francisco in Brazilie houdt op bevaarbaar te zijn over eene lengte van 100 mijl, ten gevolge van eene onafgebrokene reeks van watervallen, die in den Cachuira-Grande eindigen, en steeds in een waterdamp zijn gehuld.

De vallen van den Orinoco bij Maypura zijn vooral door Von Humboldt bestudeerd, zij bestaan uit eene menigte op elkander volgende vallen: „Op den top van den heuvel Manimi gekomen, zegt de genoemde geleerde, ontdekt men plotseling een schuimplas van eene mijl uitgestrektheid; groote rotsmassa's, zwart als ijzer, steken er boven uit, eenigen zijn gepaard, tepelvormig van gedaante en gelijken op basaltheuvels, anderen gelijken op torens, vestingen en bouwvallen van een kasteel; hun donkere kleur steekt af tegen den zilverglans van het schuim der wateren; elk rotsblok, elk eilandje is bedekt met groote boomen in boschjes vereenigd. Zoo ver men kan zien, hangt er een dikke damp over het water, en de hooge toppen der palmen steken boven dien witten nevel uit."

In Siberie vindt men de watervallen van de Tongoeska; in Indie die van den Ganges in de oostelijke Ghauts. In Afrika zijn de watervallen bijna een karaktertrek van het landschap, in bijna elke rivier komen zij voor, zooals in den Nijl, in de Zambese, in de Zaïre, in den Senegal. Laat ons een paar dier afrikaansche watervallen beschouwen, eer wij naar Amerika oversteken, om den Niagaraval te zien.

De watervallen van Feloe, in de rivier de Senegal, vindt men 150 mijl boven hare samenvloeing met de Faleme. Men gaat bij een flauwe helling op, die naar eene hoogvlakte leidt, zoo effen als een plein in eene stad. Na een marsch van veertig minuten komt men bij de rivier en aan den val. Het verschil tusschen den waterspiegel boven en beneden den val is slechts 30 meter, en de loodrechte muur waarover de wateren zich verspreiden, is als bezaaid met zandsteenbrokken, die het water aantast en tot allerlei gedaanten vervormt. Men ziet er diepe kuilen die door het water in het gesteente gespoeld zijn, daarin geholpen door stukjes kwarts, die den dienst van een beitel bewezen hebben. Het water heeft de rots van onderen ondermijnd, en door het instorten van de ondermijnde gedeelten zijn de gaten en gangen ontstaan in den zandsteenmuur, die het water keerde. De zonderlinge vormen die de rotsen in den waterval vertoonen, hebben tot allerlei fabeltjes bij den Negers van den omtrek aanleiding gegeven.

De watervallen van de Zambese worden door de inboorlingen *mosi oa toeni-ja*, de „rook die dondert", geheeten. Zij verwekken vijf dampzuilen, die men reeds op een afstand van 10 mijl kan zien, en die, van onderen wit zijnde, van boven grijsachtig van kleur worden, en dus min of meer op rook gelijken.

Groote baobabs en palmboomen bedekken de oevers der rivier en de kleine eilanden waarmede zij als bezaaid is. In een kano gezeten, kan men een dezer eilandjes zeer dicht bij den afgrond bereiken. Dan ziet men de Zambese, die

Waterval van Feloe in den Senegal.

hier 1600 tot 1700 meter breed is, verdwijnen in een gapende spleet van het basalt, waarin haar bed gegroefd is. Deze spleet, die 100 meter diep is, verlengt zich noordwaarts over eene lengte van 6 of 7 mijl. Het water ploft als in één stuk in den afgrond neêr, en stuit van het eene uitstekende rotspunt op het andere, kookt en bruischt, woelt en draait, en spat weer op, en verspreidt daardoor dikke wolken van schuim en damp, die boven de randen der spleet opstijgen. De bladeren der boomen worden nat door dien waterdamp, zoodat er kleine straaltjes water afloopen, die in den afgrond vallen, maar de damp werpt hen terug, die waterdroppels worden al op en neer gegooid, en bereiken toch nooit den grond. De schuimende watermassa in den afgrond vloeit links weg, en maakt weer plaats voor nieuwe watermassa's.

De Niagara, zeide ik boven, brengt het water van het meer Erie in het meer Ontario. Maar deze rivier doet zulks niet in een zacht glooiend bed: in het midden van haren loop ontmoet zij een rotsrand van 50 meter hoogte, waar de wateren over heen storten en den waterval vormen, die door de Irokezen Niagara, dat is „het water dat dondert" geheeten is. Uit het meer Erie loopt de rivier over een hellend vlak naar de plaats waar zij in de diepte valt. Het vallende water verdeelt zich in twee gedeelten op den als een hoefijzer gebo-

gen rand. Tusschen de twee takken ziet men een eiland dat van onderen uitgehold is, en met al zijne boomen boven den chaos der wateren hangt. Het zuidelijke gedeelte is een hooge zuil, die van onderen in een wolk van schuim overgaat, waarin alle kleuren van het licht schitteren, en het andere gedeelte valt in een afgrond, waarin duizend regenbogen elkander doorkruisen. Het

Waterval in de Zambese.

water, op de rotsen vallende, spat op in wolken van schuim en nevel, die tot boven de boomen opstijgen, als de rookwolk van een brandend bosch. Rotsbrokken en klippen van de wonderlijkste gedaanten, denneboomen en noteboomen versieren het tooneel, vischarenden, door den luchtstroom medegesleept, dalen al rondzwierende in den afgrond, om de visschen te grijpen, die den dood vonden

op de scherpe rotspunten daar beneden. Boomstammen met wortels en takken, en niet zelden het lijk van een hert of een beer storten met de wateren naar beneden.

Van de beide afdeelingen behoort de eene tot de Vereenigde Staten en de andere tot Canada, de eerste is 330 en de tweede 550 meter breed. Het met houtgewas begroeide eiland in het midden heet men het Geiteneiland. Men heeft er lanen om te wandelen op aangeleid, en een brug verbindt thans het eiland met den eenen oever. Een trap tegen den rotswand leunende, leidt van de oppervlakte van het Geiteneiland naar den voet van den waterval, zijn glibberige treden maken het zelfs mogelijk om onder het verbazende watergewelf te komen, dat van 6 tot 8 meter dik is, en op eene massa groenachtig kristal gelijkt. Deze gevaarlijke trap leidt vervolgens naar eene kleine, in het gesteente uitgehouwene grot, waarin men kan uitrusten; men noemt haar de windgrot, omdat de lucht er steeds in eene vrij hevige beweging is. Dat bezoek onder het watergewelf is steeds eene gevaarlijke zaak, wegens het afbrokkelen van den grond, waardoor men altijd bedreigd wordt. Daarom geeft de gids ook een certificaat aan den toerist die den moed gehad heeft in dien afgrond af te dalen. Overigens zijn de oevers van het eiland en die van de rivier zelve ook vrij gevaarlijk, want dagelijks vallen er rotsblokken, door het water ondermijnd, naar beneden, en niet zelden wordt een bezoeker het slachtoffer zijner nieuws- of weetgierigheid. Het is bij die afbrokkelende en ondermijnende werkzaamheid der rivier, dat wij ons eenige oogenblikken moeten ophouden.

De hooge vlakte, waarin het meer Erie ligt, is meer dan 30 meter boven het meer Ontario gelegen. Op de plaats die men „de hoogten van Queenstown" noemt, is eene soort van terras, of eene plotselinge afbreking van de hooge vlakte. De aardlagen liggen hier bijna volkomen horizontaal, en hellen bijna niet. Alle steensoorten die hier in lagen boven elkander liggen, behooren tot de silurische vorming. De Niagara is, ter plaatse waar zij uit het meer Erie komt, door lage oevers begrensd, en afwisselend van een tot drie engelsche mijl breed. Zij heeft hier geheel het voorkomen van eene verlenging van het meer, en is verdeeld door lage, met geboomte bewassene eilanden. Dat uitzicht behoudt de rivier ongeveer 15 mijl lang, terwijl het verval van het water nauwelijks vijf meter bedraagt. Nadat zij evenwel den schietstroom bereikt heeft, vervalt zij op de mijl ongeveer 50 meter, om vervolgens, bij de watervallen, van eene hoogte van omstreeks 50 meter neder te storten. De grootste waterval, de *horseshoe-fall*, de hoefijzerval, genoemd, is 600 meter breed. Het bovengemelde eiland dat tusschen dien val en den smalleren *american-fall* ligt, is bijna even breed, en de laatstgenoemde val heeft eene breedte van 200 meter. De diepe sleuf onder den grooten cataract is van 200 tot 500 meter breed, en 100 meter diep. Nu vervalt de rivier ongeveer 30 meter op eene lengte van 7 eng. mijl, en vloeit uit de sleuf over het opene en vlakke land. Dit laatste is slechts zoo weinig boven de vlakte van het meer Ontario gelegen, dat op de 7 mijl, welke Queenstown nog van het meer verwijderd is, de helling slechts ongeveer 1 meter

bedraagt. Het wijde rivierbed slingert zich nu, en maakt een bijna rechten hoek, bij den zoogenoemden draaistroom, waar de Niagara, een groot rond bekken instroomende, een kringloop beschrijft. Op sommige plaatsen zijn de rotsachtige oevers aan de eene zijde door den aanhoudenden stroom ondermijnd, en gewoonlijk vindt men een grinthoop, die met boomgewas bedekt is, aan den voet der hellingen.

Algemeen gelooft men, en zeker terecht, dat voorheen de Niagara in een vlak dal over de geheele hooge vlakte stroomde. Die vlakte zou zich uitgestrekt hebben van de tegenwoordige watervallen tot aan de hoogten van Queenstown, waar men wil dat de watervallen oorspronkelijk geweest zijn. Door afslijping van de rotsen zouden die watervallen langzamerheid 7 mijl ver terug getrokken zijn. Naar dat gevoelen moeten zij oorspronkelijk tweemaal zoo hoog geweest zijn als thans, en ook langzamerhand in hoogte afgenomen zijn; terwijl zij thans eveneens nog schijnen voort te gaan met lager te worden, naarmate zij meer en meer teruggaan. Het is dus van belang te onderzoeken, op welk eene wijze dat afslijpen en terugtrekken nog tegenwoordig geschiedt, om zoodoende een maatstaf te verkrijgen voor de berekening hoeveel honderden of duizenden van jaren er noodig geweest zijn, om het thans bestaande dal uit te spoelen.

Het is zeker dat de watervallen niet volstrekt op de zelfde plaats blijven; zij zijn zelfs gedurende de laatste vijftig jaren eenigszins van plaats veranderd. Elke waarnemer kan zich overtuigen dat het kleine gedeelte van het rivierbed hetwelk sedert den geschiedkundigen tijd uitgespoeld is, volkomen gelijk is aan de geheele, 7 mijl lange sleuf; en tevens dat de rivier in staat geweest is om dat geheele wijde dal uit te spoelen, wanneer men slechts een voldoend langen tijd daarvoor stelt.

Nadat het water eenige, ongeveer 15 meter dikke kalksteenlagen doorgebroken heeft, stort het bij de watervallen loodrecht over eene andere, ongeveer 30 meter dikke kalkmassa, naar beneden. Onder die laag ligt een even dikke laag van zandsteen. Zonder ophouden worden die lagen ondermijnd, en de drijvende boomstammen die met het water naar beneden storten, bonsen met een vreeselijk geweld tegen den voet van den rotsmuur aan. Daardoor verliezen sommige rotsen haren steun, en vallen nu en dan naar beneden, en gevolgelijk moet de waterval al verder en verder terugwijken. Het plotselinge instorten van groote brokken ondermijnd kalksteen, in den horseshoe-fall, in het jaar 1823, en iets dergelijks in den american-fall, in het jaar 1828 gebeurd, deed den geheelen omtrek als door eene aardbeving schudden en trillen. Sedert het jaar 1815 heeft zich in den kleinsten val, midden in den kalklaag, een ongeveer 13 meter breede insnijding gevormd, zoodat hij langzamerhand den vorm van een halve maan heeft aangenomen, terwijl de horseshoe-fall zich derwijze veranderd heeft, dat hij tegenwoordig dien naam nauwelijks meer verdient.

Men berekende dat de Niagaraval in de veertig jaren die het jaar 1830

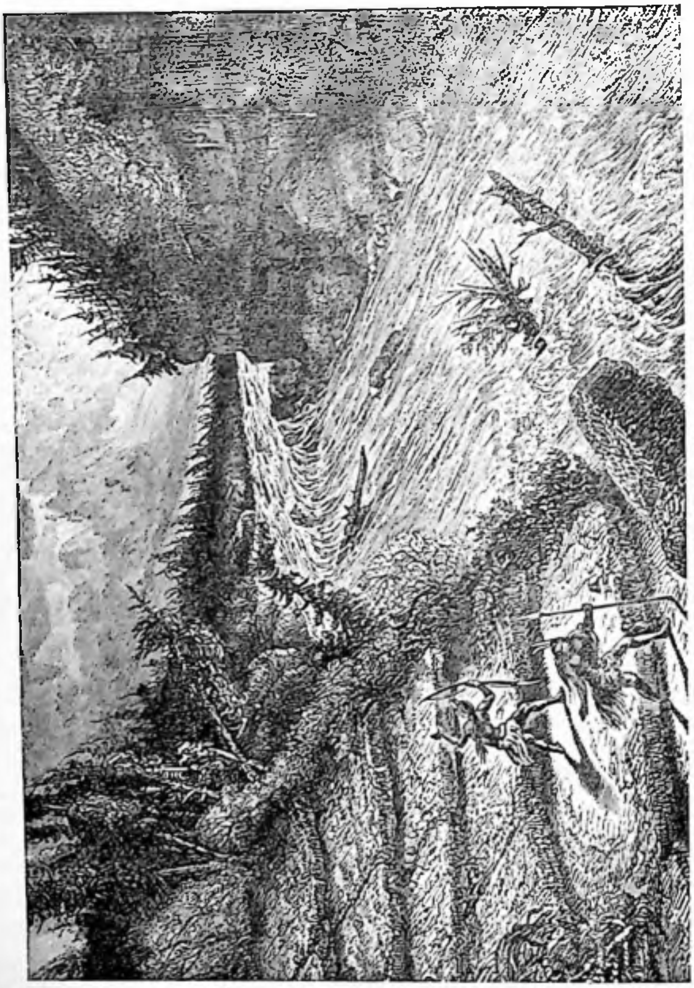
De waterval van den Niagara.

voorafgingen, jaarlijks ongeveer een meter terug gegaan was; doch eene andere meer waarschijnlijke berekening stelde dat teruggaan op 2 decimeter in het jaar. In dit geval zouden er 35.000 jaren noodig zijn geweest, om de watervallen van de hoogten van Queenstown, tot naar hunne tegenwoordige plaats te schuiven; in geval men namelijk mag aannemen dat die rugwaartsche beweging altijd de zelfde gebleven is. Dit is echter niet geloofbaar, daar er bij schier elke schrede een groot verschil heeft moeten bestaan in de hoogte van den rotsmuur, in de hardheid van de lagen aan zijnen voet, in de hoeveelheid van de naar beneden stortende rotsbrokken, die voortgeschoven moesten worden, enz. Op sommige plaatsen zal de afbrokkeling veel sneller, op anderen veel langzamer plaats gehad hebben dan tegenwoordig, en het is bijna onmogelijk om te bepalen of het geheele proces, dooreengenomen, meer of minder schielijk dan tegenwoordig geweest moet zijn. Wij hebben geene berichten over het terugwijken der vallen in oude tijden. Daarentegen hebben wij het geologische bewijs dat de rivier eens werkelijk over de geheele hooge vlakte stroomde, en zich eerst bij Queenstown naar beneden stortte. Men vindt namelijk duidelijke sporen van het oude rivierbed, dat niet overal in gelijke richting met het tegenwoordige schijnt geloopen te hebben. Er is geen twijfel aan of dat geheele lager liggende dal is langzamerhand door de rivier uitgespoeld, en zulk eene uitspoeling gebeurt er nog heden. Ook zal die uitspoeling waarschijnlijk vol houden zoolang de rivier vloeit, maar wanneer de vallen jaarlijks slechts 2 decimeter terugwijken, zijn er toch nog ongeveer 70.000 jaren noodig voordat zij het meer Erie kunnen bereiken. Het zal dus nog lang genoeg duren eer de waterval van den Niagara van de oppervlakte der aarde verdwenen zal zijn, en het water van het meer Erie zal dan over een flauwhellend vlak in het meer Ontario vloeien, een hellend vlak misschien slechts door lage rotstrappen afgebroken, zoodat de rivier dan slechts uit eene reeks van schietstroomen zal bestaan.

Schietstroomen — dit woord eischt hier eene korte verklaring. Wij zagen hoe het water der rivieren in den bovenloop over trappen van het land vloeit, en als watervallen naar beneden stort. Uit hetgeen wij boven over de afspoeling en afbrokkeling der gesteenten gezegd hebben, bleek het ons dat het stroomende water onophoudelijk knaagt aan den bodem, waarover het vloeit. Zoodoende worden de trappen al lager en lager, en zijn eenmaal die trappen van het rivierbed laag en vlak geworden, dan gaan de watervallen over in zoogenoemde schietstroomen, waarin de pijlsnel voortschietende rivier tegen verborgene klippen breekt, of over een glad, hellend vlak met eene gevaarlijke snelheid voortstroomt. Zulke rotsige schietstroomen ziet men in den Rijn bij Laufenburg boven Basel; het voorheen beruchte Bingerloch in de zelfde rivier; de „ijzeren poort" van den Donau bij Orsow in Hongarije; de cataracten van den Nijl, die evenwel veel op watervallen gelijken, zijn allen schietstroomen.

Er is ongetwijfeld een zeer lang tijdsverloop noodig om een waterval in een schietstroom te veranderen. Maar de toestand en het voorkomen van vele rivieren en van hare oevers bewijzen, dat de natuur reeds dikwijls de noodige werk-

zaamheid en den noodigen tijd heeft besteed en nog voortdurend besteedt, om watervallen te maken tot schietstroomen. Het afstortende water sleep langzamerhand de randen van den rotsmuur, waarover het plotseling in een lager



Schietstroom in de rivier de Montmorency in Canada.

liggende plaats nederviel, af, en het water vliet nu langs de zoo gevormde hellende vlakte, na wegruiming van die hindernis, met groote snelheid naar een lager waterpas. Gelijk te denken is liggen de schietstroomen meestal op die plaatsen waar de rivieren uit den middenloop in den onderloop overgaan, en worden gewoonlijk ten zelfden tijde door oeverbergen, die het bed vernauwen, verwekt. Daardoor wordt het water in de schietstroomen buitengewoon samengeperst. Een der merkwaardigste schietstroomen bezit de noordamerikaansche

rivier de Connecticut, waar het onmogelijk is om zelfs een breekijzer rechtop in het water te steken, en het verschil in zwaarte tusschen kurk en steen, als het ware, ophoudt. Alles glijdt, zonder er in te zinken, over de ijzerharde watermassa pijlsnel heen.

Veelal zijn zulke schietstroomen beletselen voor de scheepvaart, maar somtijds ook zijn zij stroomafwaarts bevaarbaar: de Wilden van Amerika zakken soms in hunne lichte kano's de rivieren af, zonder zich aan de schietstroomen te storen. Op de vorige bladzijde ziet men eene afbeelding van eèn schietstroom van de rivier de Montmorency in Canada, 14 mijl boven Quebec. De eene oever der rivier vormt daar eene soort van trap, die men den reuzentrap heet. Onze afbeelding geeft eene duidelijke voorstelling van dezen schoonen schietstroom. En wat de onbevaarbaarheid der schietstroomen van den Rhône, den Donau en den Rijn aangaat, de stoombooten die dagelijks door het Bingerloch stoomen, terwijl de toerist onder de tent op het dek zijn rijnwijn drinkt, zonder dat hij bespeurt dat de rivier dáár met eene veel grootere snelheid dan bij Keulen vloeit, bewijzen ons dat de schietstroomen voor den mensch geenszins onoverkomelijke hinderpalen zijn.

Die schietstroomen of stroomversnellingen, de *rapids* der Amerikanen, brengen ons als onwillekeurig uit den bovenloop der rivieren in den middenloop.

Bij alle groote rivieren kan men drie, natuurlijk niet scherp afgescheidene gedeelten van den loop onderscheiden, die evenwel wezenlijk van elkander verschillen: de bovenloop, de middenloop en de onderloop. In den bovenloop heeft de rivier het sterkste verval, en wordt zij door zoo vele en zoo dicht op elkander volgende trappen afgebroken, dat als 't ware waterval volgt op waterval. Hier vloeien der rivier van alle zijden beken toe, die bij elke regenbui en bij elke smelting der sneeuw groote massa's water aanvoeren, en dan somtijds weder geheel opdroogen. Slechts wijl de rivier door eene voortdurend water gevende bron wordt gevoed, en nu van den eenen en dan van den anderen kant een grooten toevoer krijgt, onderscheidt zij zich van die beken, graaft zich een dieper bed dan zij, en wordt al meer tot de algemeene verzamelplaats der wateren. Nu eens vloeit zij verborgen onder en tusschen de steenbrokken die haar bed vullen, als eene smalle strook murmelend naar het dal; dan weder zwelt zij hoog op, vult bruischend en schuimend de geheele kloof, rolt de steenbrokken donderend van trap tot trap, knaagt hare oevers uit, en overdekt de dalgronden met puin, rolsteenen en grint. In haren bovenloop is de rivier eene verstorende macht, voor welke zelfs de grondslagen der bergen niet veilig zijn. Vreesselijke kloven zaagt de stroom in de hardste gesteenten, honderde, ja duizende meter diep. Zijne wateren boren gaten en trechters in de rotsen, en woelen zich eene baan door onderaardsche kloven, waaruit zij aan de helling van een lageren rotstrap weder te voorschijn komen. De Rhône valt onder het fort l'Ecluse, ten westen van Geneve, in een afgrond, en verschijnt op eenigen afstand vandaar weder op de oppervlakte. De rivier de Lys in Belgie stort zich

in de bekende grot van Han, en komt 500 meter verder weder te voorschijn. De Maas verdwijnt bij Bazoilles, en vertoont zich weder te Noncourt, na een onderaardschen loop van 10 mijl lengte.

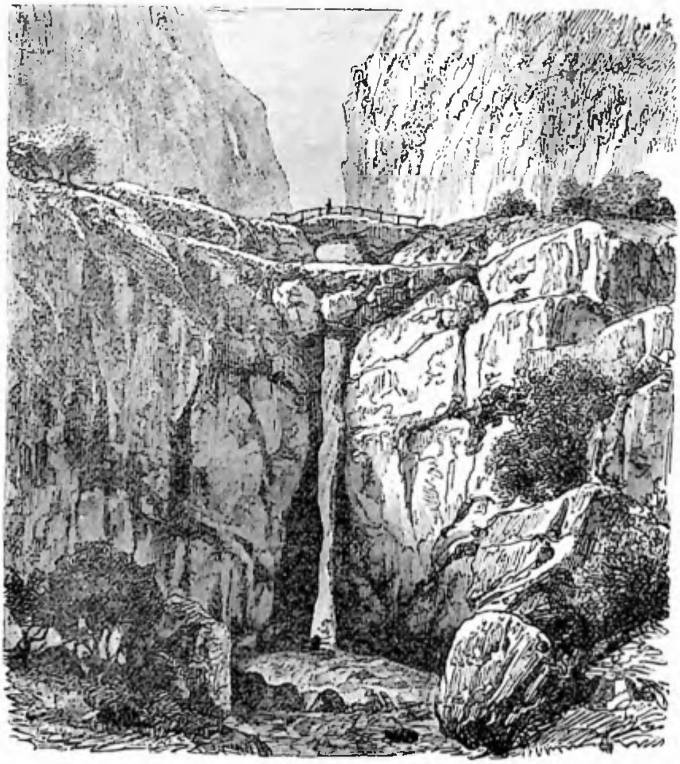
Dat verdwijnen en weder verschijnen van eene rivier ziet men echter zeker nergens treffender dan in den omtrek van Triëst. Als men langs den straatweg van Laibach naar Triëst reist, wordt men bij Oberlaibach op eene bijzondere wijze verrast. Links, dicht bij den weg, komt eene niet onbelangrijke, waterrijke, zeer snel loopende rivier den reiziger te gemoet, en toch ziet deze een hooge rotsmuur de richting, waaruit de rivier komt, versperren. Zij komt echter werkelijk uit den muur, maar tevens breed, waterrijk en vol uit eene lage rotspoort, waaruit zij, na een onderaardschen loop van vele uren lang, in het daglicht komt. Die rivier is de Laibach, die niet ver van daar bevaarbaar wordt. Doch Oberlaibach is niet hare geboorteplaats, maar slechts die harer wedergeboorte, want reeds vroeger heeft zij onder een anderen naam als Unz, eene verre reis in de bovenwereld gemaakt, waartoe zij, eveneens reeds groot en sterk, uit de diepten der aarde, gelijk bij Oberlaibach, te voorschijn trad. Maar ook dáár was nog niet de geboorteplaats der rivier. Zij is geboren onder den naam van Poik; na een langen loop onder dien naam stort zij bij Adelsberg, in den ingang van het beroemde Adelsbergshol, met een oorverdoovend gedruisch naar de benedenwereld, en staat eerst bij Planina als Unz weder op. Hier zien wij dus eene enkele rivier driemaal *op* en tweemaal *in de aarde* stroomen, en in verband met den titel van ons boek, mocht zeker dit voorbeeld niet onvermeld blijven.

Doch niet altijd blijven zulke rivieren zoo beurtelings op en in de aarde stroomen: niet zelden wordt het gewelf der holen waardoor zij stroomen, verteerd door de van boven insijpelende wateren, en eindelijk stort het in. Enkele gedeelten blijven lang verschoond, en vormen dan op duizeling wekkende hoogten natuurlijke bruggen over de gruwzame spleten, in welker diepte de stroom bruischt. Zoo hangen in het Icononzodal bij Bogota in Mexico twee zulke bruggen over een kloof van de beek Pandi. De eene zweeft 100 meter boven den bodem der kloof, is 15 meter lang en bestaat uit eene slechts 2 meter dikke rotslaag. 20 meter lager heeft zich de tweede brug gevormd, uit drie tegen elkander drukkende en als wiggen ineensluitende rotsklompen. Achter die bruggen verheffen zich hooge rotsmuren, waarover vermoedelijk eenmaal de beek in een stouten val naar beneden stortte. Thans zijn die muren door het water ingezaagd tot op den grond.

Zulk een natuurlijke brug is ook de *pont d' Arc* over de Ardèche: zij is 30 meter hoog en 60 breed. De brug van Veja bij Verona is 38 meter boven de rivier. De schoone *Rock-bridge* in Virginia vereenigt twee bergen, die door een ravijn van 70 meter diepte gescheiden zijn, en waarin de *Cedar-creek* stroomt. Deze „steenbrug" is 30 meter lang en 13 dik, en wordt den reiziger als een der grootste merkwaardigheden van het land vertoond. In den Libanon stroomt een bergstroom, die zich in de rivier van

Beiroet stort, onder eene natuurlijke brug van 66 meter hoogte door, en draagt den naam van *Ain-el Liban.*

Zoo komen wij in den middenloop der rivieren. Hier is het geheel anders



Natuurlijke brug in het dal van Icononzo in Mexico.

als in den bovenloop. Over groote uitgestrektheden vloeit hier het water kalm en zachtkens, en geeft gelegenheid tot scheepvaart, die des te belangrijker wordt hoe wijder het dal en hoe meer het met meren gevuld is. Slechts enkele trappen breken den geregelden loop af, en vormen watervallen of schietstroomen, die slechts dienen om des te meer het belang van geschikte bijkanalen in het oog te doen vallen. In het algemeen blijft de rivier in haren middenloop steeds op den zelfden waterstand. Alle toestroomende beken en bovenloopstroomen zijn hier reeds tot één geworden. Een plotseling zwellen van de eene of andere beek kan bij den waterrijkdom, die zich hier reeds verzameld heeft, slechts eene geringe verhooging van het water veroorzaken. De bijstroomen die de rivier in haren middenloop ontvangt, zijn zelven reeds geregelde rivieren. De beweging des waters op de reeds afgeslepene helling, is snel genoeg om eene bovenmatige ophooping te verhoeden. Langzaam knaagt de rivier aan de eene zijde harer bochten den oever af, om hem even zoo langzaam aan de

andere zijde te laten aanwassen. Terwijl in den bovenloop de rivier zich in zigzagsprongen door het dal werpt, hetwelk meer op eene nauwe kloof dan op een echt dal gelijkt, vloeit zij in den middenloop reeds in breede dalen, met wijde, slangvormige bochten. Het grint, door den bovenloop naar beneden gebracht, vormt den bodem van zulke dalen. Overal ziet men in bonte afwisseling de schoonste gezichtspunten, overal liggen de woonplaatsen van den mensch zoo dicht mogelijk aan het water, soms beide oevers te gelijk bedekkende, en dus de rivier als 't ware insluitende en tot haren eigendom makende. Slechts eenmaal in het jaar, wanneer in de streek waaruit de rivier het meeste water ontvangt, door het smelten der sneeuw of door regenbuien eene bijzonder groote hoeveelheid water naar de rivier wordt gevoerd, wordt de waterspiegel hooger dan gewoonlijk, waardoor de rivier, als zij niet in hooge dijken besloten is, en dus tusschen die dijken hooger moet stijgen, hare oevers overschrijdt, en

Natuurlijke brug van Ain-el-Liban.

ver over de dalgronden heen zich uitbreidt. Maar die overstroomingen zijn slechts voorbijgaande: ten gevolge van bijzondere omstandigheden ontstaan zij wel is waar ook op ongewone tijden, maar werken toch, door de vruchtbaarheid te bevorderen, wijl zij den grond vochtigheid en versche verweeringsvoortbrengselen uit de bergen aanbrengen, even zoo wel vormend en voedend, als verstorend en vernietigend. Hoe weldadig die overstroomingen werken, blijkt ons vooral uit die van de rivier de Nijl in Egypte, waarop wij straks terugkomen, en dit brengt ons tevens uit den middenloop der rivieren naar den onderloop.

Terwijl in den middenloop het verval en de stroomsnelheid voldoende waren om het door den bovenloop aangevoerde grint verder te schuiven, of door de beweging van het water in zand en slijk te veranderen, worden die voortbrengselen der afknaging hier weder afgezet. Trappen ontbreken hier geheel, zelfs zulken die ook slechts schietstroomen kunnen veroorzaken. Ook het verval

is hier zoo gering dat het water zonder de drukking van het van boven afvloeiende bijna stil zou staan. Die zwakke strooming bevordert het afzetten van zandbanken en slijkhoopen in het rivierbed, zoodat dit in verscheidene groeven wordt verdeeld. De onbeteekenendste hindernissen, drijvende boomstammen bij voorbeeld, die zich op den grond of aan den oever vastzetten en den stroom stuiten, geven aanleiding tot de grootste veranderingen, wijl de stroom daardoor van richting veranderd wordt, en zich een ander, niet zelden vertakt bed moet graven. Zonder de tusschenkomst van den mensch zou het geheele rivierbed in den onderloop telkens verplaatst worden. Bij de rivieren van Europa is dat verplaatsen van het bed reeds lang belet geworden. Dijken heeft men langs den oever gelegd; zij verhinderen elke bedverlegging; beletten het overstroomen bij hoog water, en dwingen dus de rivier tot eene hoogere krachtsontwikkeling, waardoor de vorming van ondiepten moeielijk, en de opruiming van de reeds bestaanden mogelijk gemaakt worden. Maar de rivieren van de andere werelddeelen laten grootendeels nog den natuurlijken gang der dingen erkennen, en verklaren daardoor den toestand van de oppervlakte der aarde in haar stroomgebied; gelijk men iets dergelijks ook bij sommige europeesche rivieren nog in haren onderloop kan waarnemen. In den onderloop der rivieren stroomt het water veel spoediger over de oevers dan in den middenloop. Daarom moet het water der rivieren op die plaatsen aan banden gelegd worden, dat is, dáár moet het door dijken gedwongen worden om in het rivierbed te blijven, zal het omliggende land geschikt zijn om tot bewoning voor den mensch te dienen. Als er geen dijken aangelegd worden, speelt de rivier met het omliggende land als naar willekeur. Immers eene rivier die in natuurlijke vrijheid de landen nabij de oevers van haren onderloop overstroomt, verliest aan stroomkracht, verhoogt haar bed en hare oevers, wijl hier de grovere en zwaardere zand- en slijkmassa's bezinken, terwijl de omliggende vlakten slechts een dun laagje van het fijnste slijk bekomen. Zoo vormt de rivier zelve een breeden, vlakken dam midden in het dal, in de laagste plaats van haar ruim en wijd overstroomingsgebied, en vloeit ten tijde van den geringeren toevoer in een verhoogd bed op den rug van dien dam. In elken rivierarm herhaalt zich het zelfde. Die dammen verhinderen het afloopen van het water uit het overstroomde land, het blijft daarop staan, en vormt vijvers en poelen, totdat het door verdamping verdwijnt. Tusschen de stroomdammen van alle rivierarmen blijven zulke vijvers en poelen bestaan. Hier wordt de mensch door een dubbel gevaar bedreigd: vooreerst door vreesselijke overstroomingen, wanneer de rivier de oeverdammen verbreekt, en geheele streken land, die vroeger bewoonbaar waren, voor langen tijd met water overdekt, en in meren of haffen verandert, en ten tweede door den giftigen adem van het moeras. Dat is bij voorbeeld het geval te New Orleans aan den onderloop van den Mississippi. Slechts de uiterst voordeelige ligging voor den handel en het verkeer, als 't ware aan den ingang van het groote land, hetwelk door den Mississippi en zijne bijrivieren wordt doorstroomd, en dat slechts door die water-

wegen toegankelijk is, kan eene groote en bloeiende handelstad bestaan doen blijven in den onophoudelijken strijd tegen de verwoestende overstroomingen en de moorddadige g e l e k o o r t s. Maar de voordeelen zijn grooter dan het gevaar, en het laatste zal eens door den mensch worden overwonnen. Het zal dáár overwonnen worden, gelijk het overwonnen is in de Nederlanden, waar de Rijn in zijnen onderloop, die tusschen Bonn en Keulen begint, op hooge stroomdammen vloeit, maar, tusschen vaste dijken gekneld, geen uitvoering kan geven aan de bedreiging, die de hooge ligging van zijn bed bestendig doet aan de omliggende landerijen — gelijk het overwonnen is aan den onderloop van de Elbe, den Oder, den Weichsel, en van bijna alle rivieren van Europa.

Waar de bodem aan het uiteinde van eene rivier door de bovengenoemde afzettingen van stoffen dus een laag en vlak land geworden is, en de rivier niet door dijken bepaald wordt, ontlast het water zich niet zelden door onderscheidene monden, en vormt dan eene met water doorsnedene vlakte, die men gewoon is eene delta te noemen, zooals wij boven reeds gezegd hebben. Delta's zijn er gevormd door den Nijl, den Niger, den Indus, den Ganges, den Rhône, den Rijn, en vele andere groote rivieren, te veel om hier op te sommen. De delta's worden onderscheiden in z e e d e l t a 's, m e e r d e l t a 's, en r i v i e r d e l t a 's, naar dat de rivieren in zee, in een meer of in een andere grootere rivier stroomen. Waar de getijen en de stroom der rivier tegen elkander in werken, ontstaat niet zelden een zand- of grintbank dwars voor den mond der rivier, die men een richel, een *barre* of *bar* noemt. Zulk een zandbank is veelal een groot beletsel voor de scheepvaart op de rivier.

De geheele uitgestrektheid land die in eene rivier en in hare bijrivieren afwatert, wordt het s t r o o m g e b i e d of de k o m van die rivier geheeten, de laatste benaming omdat het water als van de randen naar den bodem van een kom vloeit, daar zulk een stroomgebied natuurlijk komvormig van gedaante moet zijn. Gelijk de beken zich vereenigen tot rivieren; kunnen ook onderscheidene rivierkommen zich vereenigen in de lager liggende van de eene of andere binnenzee, en zoo spreken de geographen, bij voorbeeld, van de kom der Oostzee en de kom der Middellandsche zee, en dit denkbeeld nog verder uitstrekkende, zelfs van de kom of het stroomgebied der Atlantische zee. En daar de groote oceaan eindelijk alle rivieren (met een paar uitzonderingen) opneemt, vormen de rivierkommen onderscheidene r i v i e r s t e l s e l s, die wij zoo aanstonds zullen beschouwen.

De randen die de eene kom van de andere scheiden, dat is de richels of ruggen die het eene stroomgebied of rivierstelsel afscheiden van het andere, noemt men w a t e r s c h e i d i n g e n; de wateren loopen aan weerskanten van zulk een waterscheiding als van het dak van een huis af. Ofschoon heuvels en bergen veelal de grenzen tusschen de rivierstelsels en dus de waterscheidingen vormen, volgt daaruit toch niet dat de waterscheidingen altijd uit heuvelruggen of bergketenen bestaan — eenige decimeter verval van den bodem is voldoende om het vloeien van het water in zekere richting te bepalen. Een geringe ver-

hooging van den bodem, die de rivieren van verschillende stelsels scheidt, wordt eene draagplaats of *portage* geheeten, omdat op die plaatsen bootjes en goederen uit de eene rivier in de andere overgedragen kunnen worden.

Elke rivier heeft iets bijzonders, iets wat haar van anderen onderscheidt, en die individualiteit der rivieren is grootendeels afhankelijk van de geografische ligging, de uitgestrektheid en de oppervlakte van haar stroomgebied. Het spreekt van zelf dat wij hier niet alle rivieren kunnen beschrijven — dat zou de grenzen van dit boek ver te buiten gaan. Alles wat ons hier geoorloofd is, moet zich bepalen tot een overzicht van de voornaamste rivierstelsels, en eenige opmerkingen betreffende de merkwaardigste rivieren, die tot elk stelsel behooren.

De aardrijkskundigen verdeelen de rivierstelsels, naardat zij in den oceaan uitloopen of niet. Tot de eersten rekent men het arctische of noordpoolstelsel, het stelsel der Atlantische zee, dat der Stille zee, en dat der Indische zee; en tot de tweeden, dat is, welker rivieren niet in den oceaan vloeien, het Aralo-Kaspische stelsel, dat van Utah, het mexicaansche en het boliviaansche stelsel.

Het arctische of noordpoolstelsel omvat, zooals de naam reeds aanduidt, de rivieren die, gehoorzamende aan de noordwaartsche afhelling der vastelanden van de wereld, in de Noordpoolzee vloeien. Zij stroomen grootendeels door onherbergzame landstreken, uitgestrekte bevrorene vlakten, die steeds met ijs en sneeuw zijn bedekt, en ten gevolge daarvan hebben zij allen een vrij gelijk voorkomen. Om het overzicht gemakkelijk te maken, kunnen zij toch gereedelijk naar de drie werelddeelen, Azie, Europa en Amerika, onderscheiden worden.

De aziatische afdeeling bevat de groote siberische rivieren, de Kolyma, Indigirka, Lena, Olenek, Jenissei en Ob, die, uit de Altai-, Yablonoi- en Stanovoigebergten ontspringende, vele kleinere rivieren in haar boven- en middenloop opnemen, langzaam over de groote vlakte vloeien, en zich eindelijk door wijde riviermonden uitstorten in de Noordelijke zee. De grootsten dezer rivieren zijn de Lena, de Jenissei en de Ob, die, als zij in de gematigde of keerkringsstreken vloeiden, zekerlijk tot de schoonste rivieren der wereld gerekend zouden worden, terwijl zij nu slechts weinig gebruikt worden, en gebrekkig bekend zijn. De Lena, die uit de bergen ten noorden van het meer Baikal ontspringt, heeft een slingerenden loop van 2400 mijl, en ontvangt verscheidene belangrijke bijstroomen, zooals de Vitum, de Olekma, en de Aldan. Het is grootendeels een diepe, langzaam stroomende rivier, die tusschen hooge oevers van bevroren slijk en zand vloeit. In die oevers liggen overblijfselen bedolven van den mammoet, den rhinoceros en andere groote zoogdieren, die in vorige tijden de vlakten van Noord-Azie bewoonden, namelijk in het postpliocene tijdvak der aardgeschiedenis.

De Jenissei is nog grooter, daar hij een slingerenden loop heeft van 2800 mijl. Ook deze rivier neemt verscheidene anderen op: de groote en de kleine Kem, de Angara uit het meer Baikal, en de Opper en Beneden Tongoeska,

waarvan de meesten in haar boven- en middenloop woeste bergstroomen zijn, afgebroken door watervallen en schietstroomen.

De Ob, of Irtisch-Ob, zooals deze rivier geheeten mag worden, omdat hare beide voornaamste takken, de Irtisch en de Ob, beiden even belangrijk zijn, is de grootste der siberische rivieren; elke tak heeft eene lengte van 2300 mijl, en een stroomgebied dat bijna een derde van geheel Siberie beslaat. De groote rivier ontspringt in het Toleskoi (het goudmeer) in Groot Tartarije. Na de bergstreken verlaten te hebben, komt zij op een vlakte, die zoo weinig afhelt, dat haar loop nauwelijks te bespeuren is; over een afstand van ongeveer 1200 mijl heeft die vlakte of het bed der rivier slechts een verval van 100 meter. Het hoofdkenmerk van al deze siberische rivieren is — wij zeiden het zoo even reeds — dat zij zoo langzaam over venen en moerassige vlakten vloeien. Bevroren, gelijk de zee waarin zij stroomen, gedurende de meeste maanden van het jaar, zijn zij voor de scheepvaart ongeschikt: als de sneeuw smelt op de meer zuidelijke bergtoppen waar hare bronnen ontspringen, dan vindt de gezwollene vloed geen voldoende uitloozing in de vlakke, door ijs geslotene noordelijke monden, vloeit over de vlakten, vormt meren en poelen en moerassen, en maakt het land nog woester, treuriger en onbewoonbaarder dan het buitendien reeds was.

De europeesche afdeeling van het arctische rivierstelsel omvat de Pestjora, die onmiddellijk in de Noordpoolzee vloeit, en de Mesen, de Dwina en de Onega, die er middellijk door de Witte zee invloeien. Met uitzondering van de Dwina, waaraan Archangelsk gelegen is, zijn deze rivieren niet veel van belang, daar zij gewoonlijk van September tot Juni met een ijskorst zijn bedekt, en overigens door een vlak en dor land vloeien. Die vlakheid echter geeft aanleiding tot het bestaan van een groot netwerk van kanalen, ten gevolge waarvan de Witte zee en de Oostzee verbonden zijn door deze noordsche rivieren, en door de Volga met de Zwarte en de Kaspische zee.

De amerikaansche afdeeling bevat de stroomen en rivieren die van de noordelijke helling van dat werelddeel zich een weg banen door een doolhof van meren en moerassen, en eindelijk in de Noordelijke zee vloeien. De belangrijksten zijn de groote Vischrivier, de Coppermine, de Mackenzie en de Colville. Er is betrekkelijk weinig bekend van de bronnen en vertakkingen van deze rivieren, waarvan de Mackenzie de grootste en belangrijkste is. Deze groote rivier, die het water van een oppervlakte van 110,000 vierkante mijl opneemt, wordt gevormd door de vereeniging van onderscheidene rivieren, die op de oostelijke hellingen der Rocky Mountains ontspringen. De voornaamsten daarvan zijn de Athabasca en de Vrederivier, die, na het meer Athabasca doorgetrokken te zijn, zich vereenigen en de Slavenrivier vormen, en deze, na in het Slavenmeer gekomen te zijn, vloeit er weder uit als de Mackenzie. Gelijk de rivieren van Siberie loopen ook deze noordamerikaansche rivieren door lage, bevrorene en onbewoonbare moerassen, en vloeien met wijde monden in de zee, maar zij gelijken niet op die van Siberie, in zooverre zij in verband staan met een

menigte groote meren, die wel den naam van binnenzeeën verdienen, daar sommigen, zooals het meer Erie, zelfs eb en vloed vertoonen.

Het atlantische stelsel bevat, zooals zijn naam te kennen geeft, alle rivieren die middellijk of onmiddellijk in de groote kom der Atlantische zee vloeien. Ook dit stelsel wordt als van zelf verdeeld in vier afdeelingen — de europeesche, afrikaansche, noordamerikaansche, en zuidamerikaansche — al naar dat de rivieren van een dezer vastelanden vloeien. Tot de europeesche afdeeling behooren de Elbe, de Wezer en de Rijn, die van de westelijke hellingen der duitsche vlakte vloeien; de Seine, de Loire en de Garonne uit Frankrijk; de Duero, de Taag, de Guadiana en Guadalquivir van het spaansche schiereiland. De Rijn, door Borger zoo te recht de grootvorst van Europa's stroomen geheeten, ontspringt op de Alpen op eene hoogte van 2550 meter, stroomt snel naar het meer van Constanz, en zoo tot Basel, waar hij bevaarbaar wordt, en stort zich in ons land in de Noordzee. Hij heeft eene lengte van meer dan 800 mijl, de Loire van 520 mijl, en de Taag, de derde in belangrijkheid, heeft eene lengte van 480 mijl, langs de bochten gemeten.

De voornaamste rivieren die zich in de Oostzee storten, zijn de Neva, de Njemen, de Weichsel en de Oder, allen gehoorzamende aan de noordwestelijke helling van het land, en, gelijk de zee die haar opneemt, gedurende een groot gedeelte van het jaar met ijs bedekt. Onder deze rivieren heeft de Weichsel de grootste ontwikkeling, men wil dat de lijnrechte afstand van de bronnen dezer rivier tot haren mond, slechts een tiende gedeelte is van de lengte van haren slingerenden loop van 520 mijl.

De rivieren die van de europeesche zijde in de kom der Middellandsche zee vallen, zijn de Ebro en de Rhône; de Po vloeit in de golf van Venetie, terwijl de Donau, de Dnjeper, de Dnjester en de Don in de Zwarte zee vloeien. De Rhône ontspringt in de Alpen op een hoogte van 1800 meter, en daar zijn loop slechts 232 mijl lang is, is hij natuurlijk een der snelst stroomende rivieren van Europa. Hij ontlast zijn water door twee monden, en, als het hoog water is, stuwt hij het met zooveel kracht in zee op, dat het zoete rivierwater op verscheidene mijlen afstands van de kust, van de oppervlakte der zee afgeroomd kan worden.

Het water dat in de Zwarte zee vloeit, gehoorzaamt aan de groote zuidelijke en zuidoostelijke helling van het europeesche vasteland. Van deze rivieren hebben de Don, de Dnjeper en de Dnjester een betrekkelijk langzamen loop door lage vlakten en moerassen. De Donau, de belangrijkste van allen, ontspringt in het Schwarzwald op eene hoogte van 950 meter, en heeft een slingerenden loop van 1496 mijl. Deze rivier ontstaat door de vereeniging van onderscheidene bergstroomen, en is eerst in Baden als de Donau bekend. Uit dat hertogdom stroomt zij door een bergachtige streek naar Ulm, en vandaar naar Passau over de beiersche vlakte. Van

Passau tot Weenen loopt zij weder door een bergland, maar vervolgens over eene vlakke landstreek, behalve waar zij door de zoogenoemde IJzeren Poort gaat, totdat zij zich met drie monden in de Zwarte zee stort. De Donau met zijne bevaarbare bijstroomen, de Theiss, de Drave en de Save zijn de groote waterwegen van het oosten van Europa, en zijn vooral belangrijk geworden sedert zij met stoombooten bevaren worden, die ingericht zijn om de bijzondere bezwaren en moeilijkheden, met de vaart op die rivieren verbonden, te overwinnen.

De afrikaansche afdeeling van het atlantische stelsel omvat alle rivieren die van de westelijke en noordelijke hellingen van dat werelddeel vloeien. De meesten storten zich onmiddellijk in de Atlantische zee: de voornaamsten zijn de Senegal, de Gambia, de Niger, de Congo, de Coanza en de Oranjerivier. De Senegal en de Gambia die in het gebergte Kong ontspringen, zijn tot op zekere hoogte bevaarbaar. De Niger, de schoonste der westelijke rivieren, schijnt uit het zelfde Konggebergte te ontspringen, neemt in zijnen loop de Chadda en andere groote bijrivieren op, en stort zich met onderscheidene bevaarbare monden in de Golf van Guinea. De Niger, die ook Joliba en Quorra geheeten wordt, neemt het water op van een zeer groote, maar onbekende oppervlakte land van Afrika, is in zijn middenloop vele honderde mijlen lang bevaarbaar, en op sommige plaatsen een halve mijl breed. Hij vormt aan zijn monden een lage, ongezonde delta van 3200 vierk. mijl, die bij afwisseling met een weligen plantengroei van riet en biezen bedekt is, en onder water staat: in het midden van Augustus is de overstrooming het hoogst. De Congo en de Coanza zijn bevaarbaar voor zoo ver zij bekend zijn, maar de Oranje- of Gariep-rivier is onbevaarbaar, zijnde beurtelings een breede woeste bergstroom gedurende den regentijd, en een ondiepe modderstroom in den droogen tijd.

Wild en woest stroomende in den regentijd en „drooge rivieren" zooals zij niet ongepast genoemd worden, in den droogen tijd, dit zijn de voornaamste kenmerken van alle zuidafrikaansche rivieren. Het volgende is overgenomen uit Andersen's *Lake Ngami*: „Ongeveer twee jaar geleden bezocht ik Barmen, en was toen getuige van een dier buitengewone tooneelen, die men slechts in de keerkringen kan waarnemen. Op zekeren namiddag werd de lucht in het oosten in eens met dikke dreigende wolken bedekt, de donder rommelde onophoudelijk in de verte, en het weerlicht flikkerde tusschen de wolken. De ondervinding had ons reeds de voorteekenen geleerd, en wij brachten zoo spoedig mogelijk alles onder dak, wat door het water bedorven kon worden. Nauwelijks was het gedaan, of er vielen eenige dikke regendruppels, en weldra stroomde de regen naar beneden alsof de sluizen des hemels geopend waren. Die regenstorm duurde niet langer dan een half uur, maar die korte tijd was voldoende om de geheele landstreek in een waterplas te veranderen. Het geraas dat de rivier en de vele kleinere bergstroomen maakten, terwijl zij hare donkerkleurige modderige golven soms van tien voet hoog, voortrolden, was oorverdoovend. Reusachtige boomen, pas ontworteld, en holle boomstammen en takken werden met onweerstaanbare

kracht voortgezweept, stapelden zich op elkander, en vormden met schuim bedekte drijvende bergen in den wilden stroom. Geheele tuinen spoelden weg, en menige hut die aan de oever der rivier gebouwd was, werd als weggevaagd — in één woord, het was een zondvloed in het klein."

De belangrijkste en tevens de eenige afrikaansche rivier die zich in de Middellandsche zee stort, is de Nijl, in vele opzichten de merkwaardigste rivier der geheele aarde. Onder den naam van *Barh-el-Abiad* of „Witte Nijl," uit het tusschen de keerkringen gelegene meer Victoria N'yanza vloeiende, neemt deze rivier na een vrij langen loop den *Bahr-el-Azrek* of „Blauwe Nijl" op, die uit het land van Galla komt, en na verderen loop weer een andere rivier, de Atbara uit Abessynie. Die zoo vereenigde rivieren vloeien nu onder den naam van den Nijl door Dongola, Nubie en Egypte, een afstand van 1200 mijl, zonder verder

De Nijl.

andere rivieren op te nemen. Tot heden weet men niet veel met zekerheid van de rivieren die water brengen in het meer N'yanza en de andere meren, die men meent dat in de nabuurschap daarvan gelegen zijn, doch naar alle waarschijnlijkheid krijgen zij haar water van de met sneeuw bedekte bergtoppen van het binnenland, maar de bovenloop van den Nijl is door kapt. Speke beschreven als door een schoone, vruchtbare landstreek vloeiende; zijn middenloop door Nubie wordt gekenmerkt door eene reeks van ondiepe schietstroomen en watervallen, negen of tien in getal, en zijn onderloop heeft slechts een verval van 15 decimeter op de engelsche mijl. Hij stroomt dus langzaam door de vlakten van Egypte, totdat hij zich eindelijk in de Middellandsche zee ontlast, door de twee hoofdmonden die zijne delta vormen. Deze delta begint op een afstand van 90 mijl van de zee, en heeft een kustlijn van 180 mijl tusschen de twee riviermonden, de Rosetta en de Damietta. Het merkwaardigste verschijnsel van den Nijl is zekerlijk zijne regelmatige jaarlijksche overstrooming, die zeer waarschijnlijk een gevolg is van het

vallen van regen, afhankelijk van de zuidoost-passaatwinden van, de Indische zee, en van het smelten der sneeuw op de bergen nabij zijne bronnen. In haren bovenloop begint de rivier in April te rijzen, maar te Caïro is de vloed niet voor den tijd van den zomerzonnestand merkbaar. Dan wordt de rivier al hooger en hooger gedurende honderd dagen, er blijft op haar grootste hoogte tot het midden van October, wanneer zij begint te vallen, en in April en Mei bereikt zij haar laagste punt. Zoover als bekend is, heeft die overstrooming van den Nijl reeds sedert vele duizende jaren aaneen jaarlijks plaats gehad. Het fijne zwarte slijk dat door die overstrooming op het land wordt nedergelegd, is de bron van vruchtbaarheid en welvaart van Egypte, — de geheele delta bestaat uit dat slijk. Door het slijk dat de Nijl mede voert, verschaft hij, behalve vruchtbaarheid aan de velden, ook voor den geschiedkundige een zeer belangrijken tijdmeter. Op de onderstelling bouwende dat de waterrijkdom van den Nijl sedert onheugelijke tijden ongeveer gelijk gebleven is, bevond men aan een van de twee nog staande nijlmeters, aan dien bij het eiland Elephantine, een opschrift waaruit blijkt dat sedert den tijd van Septimius Severus, 193 tot 211 j. na J. C., dus in ongeveer 1600 jaren, de oppervlakte van het land, en gevolgelijk ook het bed van den Nijl, omstreeks 2 meter verhoogd is geworden. Volgens den anderen nog staanden nijlmeter bij Caïro, die bewezen is omstreeks 2000 jaren geleden opgericht te zijn, bedraagt daar die verhooging ruim 1 meter. Beide opgaven geven gemiddeld ongeveer 5 centimeter verhooging voor elke eeuw. Op grond van deze berekening trachtte Girard den ouderdom van vele bouwwerken, in het Nijldal voorhanden, te bepalen door de hoogte der aanslibbing te meten, door welke hunne fondamenten in den loop der eeuwen bedekt geworden zijn. Zoo bevond hij dat de bodem van het Nijldal, sedert den tijd der opbouwing van de oudste gebouwen van Thebe, 6 meter hooger moet zijn geworden, waaruit, op grond van die door den nijlmeter bewaard geblevene maat, in het jaar 1799 besloten werd, dat de bouw van Thebe vóór 4770, dat is 2960 jaar vóór J. C. begonnen moet zijn.

Wij mogen nog niet tot de beschouwing van andere rivieren overgaan, zonder ons nog even met Kapt. Speke te begeven naar de bronnen van den Nijl, een vraagstuk dat de aardrijkskundigen eeuwen lang bezig gehouden heeft, en eindelijk door den bovengenoemden reiziger is beantwoord. Hij zegt dat het begin, *the top head*, van den Nijl, het zuidelijke einde van het meer N'yanza is, gelegen op 3° Z. B.: de Nijl heeft dus, van dat punt tot de Middellandsche zee gemeten, eene lengte van 34 breedtegraden, of meer dan een elfde van den omtrek der aarde. Van het zuidelijke einde van genoemd meer westelijk omgaande tot waar de Nijl er uitstroomt, vindt men slechts een enkele stroom van eenig belang. De reizende Arabieren zeggen allen dat er ten westen van de met sneeuw bedekte Kilmandjaro tot den 1sten graad Z. B. zoutmeren en zoutvlakten zijn, en dat het land heuvelachtig is gelijk Unyamuèzi, maar dat er geen groote rivieren zijn, en ook weinig waterstroompjes, zoodat zij soms lange reizen te doen hebben om drinkwater te vinden. Vervolgens over de plaats sprekende waar de Nijl uit het meer komt, de Ripon Falls genoemd, zegt hij: „Of-

schoon het een schoon tooneel opleverde, was het toch niet zoo als ik het verwacht had, want de groote oppervlakte van het meer was voor het gezicht verborgen door een reeks van heuvels, en de waterval, 4 meter hoog en van 100 tot 120 meter breed, werd door rotsen afgebroken. Maar desniettemin was het een zeer treffend gezicht: het ruischende water; de duizende visschen die uit het water opsprongen; de Wasoga- en Waganda-visschers, die van alle kanten in bootjes kwamen opzetten, met hengels en netten post vattenden op alle rotsen; rivierpaarden en krokodillen die in het water lagen te slapen; de menschen die boven den waterval aan het werk waren, en het vee dat om te drinken naar den oever van het meer gedreven werd, — dit alles maakte met de schoone natuur van den omtrek, de kleine heuvels, met gras bedekt, met boomen op de hoogte en met tuinen in de dalen, een zoo belangwekkend tooneel als men zelden te zien krijgt. En verder naar beneden is de rivier van 600 tot 700 meter breed, vol eilanden en rotsen, de eersten door visschers, de laatsten door watervogels en in de zon slapende krokodillen bewoond, vloeiende tusschen schoone, hooge, met gras begroeide oevers, met prachtige boomen en plantages op den achtergrond, waartusschen kudden van nsoennoes en hartebeesten en andere antilopen graasden, terwijl rivierpaarden in het water rondplasten, en allerlei vogels voor onze voeten opvlogen."

De rivieren van Zuid-Amerika zijn ongetwijfeld de belangrijksten en grootsten van het geheele Atlantische stelsel. Alle rivieren van dat vasteland vloeien van de groote oostelijke helling naar de Atlantische zee — de riviertjes die langs de andere of westelijke helling naar de Stille zee vloeien, zijn eigenlijk niets anders als waterstroompjes, door de smeltende sneeuw der Andes ontstaan. Wij willen een kort overzicht van de voornaamste zuid-amerikaansche rivieren die zich in de Atlantische zee storten, geven.

De Rio de la Plata neemt onderscheidene andere rivieren op, zooals de Salado, de Vermejo en de Pilcomayo, uit de woestijnen en *salinas* van de Beneden Andes — de Paraguay en de Parana, twee schoone rivieren, uit de boschrijke hellingen en groene vlakten van de binnenlanden, — de Uruguay, uit de lage *sierras* en dalen in het zuiden van Brazilie. Sommigen dier bijstroomen, zooals de Paraguay en de Parana, zijn honderde mijlen landwaarts in bevaarbaar, en zijn diep en breed, maar onderworpen aan periodieke en verwoestende overstroomingen. Hare wateren komen bijeen in den mond van la Plata, een zoetwater meer van 180 mijl lang, en aan den ingang 120 mijl breed, maar ondiep en vol slijk, zoodat het uitstroomende water ver in de Atlantische zee op nog aan zijne kleur te erkennen is.

De San Francisco, de Paranahyba en de Tocantins of Paro zijn braziliaansche rivieren, die uit de sierras van dat land ontspringen, en er doorheen vloeien. Van hare bronnen weet men weinig, maar haar bovenloop is woest en snel, totdat zij in de lage landen komen, die de Atlantische zee omzoomen.

De Amazone, de grootste rivier der geheele aarde, heeft eene lengte van 3000 mijl, gerekend van haren eersten bijstroom, de Apurimac in de Andes,

tot hare vereeniging met den oceaan. Verscheidene honderde mijlen ver in zee op, is het zoete water dat uit den mond der Amazonerivier vloeit, nog duidelijk te bespeuren, terwijl aan den anderen kant de vloed en eb der zee nog merkbaar zijn 570 mijl ver van den mond in het land op. Deze groote rivier, ofschoon vol slijkbanken en eilanden, is omstreeks 2000 mijl ver bevaarbaar, en zal op den een of anderen tijd de hoofdweg van handel en beschaving worden, voor de vruchtbare en welige landstreeken waardoor zij vloeit. Hare voornaamste bijrivieren aan den rechterkant zijn de Xingu, de Tapajos, de Madeira, de Purus en de Ucayali, die uit de sierras van Brazilie en de binnenlanden komen, en aan de linkerzijde de Rio Negro, de Japura en de Putumayo, die uit de bergen van Parimé en de noordelijke Andes ontspringen. Velen dier bijrivieren zijn ver op bevaarbaar, en ofschoon zij slechts als takken van de Amazone beschouwd worden, zouden zij, in andere landstreken vloeiende, belangrijke stroomen genoemd worden. Gelijk andere rivieren der keerkringen is ook de Amazone aan periodieke overstroomingen onderworpen: haar water begint in December te rijzen, is het hoogst in Maart, en het laagst in Juli en Augustus. Tijdens hoog water vloeit haar water over een zeer groote landstreek, die ten gevolge daarvan beurtelings een zoetwaterzee is, en eene vlakte met den weligsten tropischen plantengroei versierd, zooals wij bij de beschouwing der llanos en selvas reeds gezien hebben.

De Orinoco — de laatste der zuid-amerikaansche rivieren die wij hier, om niet te uitvoerig te worden, kunnen beschouwen — is in alle jaargetijden meer dan 1000 mijl bevaarbaar. In de bergen van Parimé ontspringende, loopt hij eerst noord- en dan oostwaarts, neemt onderscheidene bijstroomen op, zooals de Guaviare, de Meta en de Atures aan de linker-, en de Paraqua en de Daroni aan de rechterzijde, en stroomt eindelijk uit een doolhof van monden in de Atlantische zee. Meer dan 250 mijl is het getij der zee in deze rivier te bespeuren. Ook hier vinden wij weder het gewone verschijnsel der tropische rivieren, namelijk tijdelijke overstroomingen. Tijdens hoog water staan duizende vierkante mijlen vlak land tot eene diepte van 10 meter onder water, — wat wonder dat de dieren die de llanos van den Orinoco bewonen, dan bij duizenden verdrinken.

De rivieren van Noord-Amerika worden geregeerd door de richting der Rocky Mountains, gelijk die van Zuid-Amerika door de Andes. De groote vlakte die zich van de Golf van Mexico tot de Noordpoolzee uitstrekt, wordt door eene lage waterscheiding van 400 tot 450 meter hoogte verdeeld; daardoor gaan enkele rivieren, zooals de Mackenzie en de Coppermine, noordwaarts, maar alle andere groote rivieren van dit werelddeel vloeien zuidwaarts van die waterscheiding, en behooren tot het Atlantische stelsel. Onder dezen storten de Rio del Norte en de Mississippi zich in de Golf van Mexico, de St. Laurens in de Atlantische zee, en de Saskatchewan en de Churchill in de Hudsonsbaai.

De Rio del Norte die uit de sierras van Nieuw-Mexico ontspringt, vloeit in

zijn bovenloop door een woeste landstreek, waarin hij weinig bijstroomen krijgt, maar als hij in de vlakte gekomen is, neemt hij vele andere wateren op, en wordt de natuurlijke grens tusschen de Vereenigde Staten en Nieuw-Mexico.

De Mississippi, de „vader der wateren" van de Indianen, is de grootste der noordamerikaansche rivieren. Hij ontspringt in het kleine meer van Itasca, op eene hoogte van 500 meter op de hoogvlakte van het binnenland, loopt zuidwaarts, ontvangt in zijn slingerenden loop van 3560 mijl eene menigte kleinere rivieren, en valt met een moerassige delta in de Golf van Mexico. Zijne hoofdtakken op de rechterzijde of die van de Rocky Mountains, zijn de Missouri — een rivier die zelfs langer en breeder is dan de Mississippi zelf — de Arkansas en de Roode rivier, en op de linkerzijde de Ohio met zijne tallooze bijrivieren van de westelijke hellingen der Alleghanies. Het groote stroomgebied van den Missouri, Mississippi en Ohio, dat eene oppervlakte heeft van meer dan een millioen vierkante mijlen, ligt dus tusschen de Rocky Mountains in het westen en de Appalachians in het oosten.

Die groote kom vertoont alle mogelijke soorten van landschapsvormen en van bodem, prairiën, dorre woestijnen, bosschen en heuvellanden, en bezit elke verscheidenheid van klimaat, van de koudgematigde hoogvlakten van Nebraska tot de subtropische warmte van de Golf van Mexico. Ofschoon de stroom in den Mississippi, nadat hij den Missouri opgenomen heeft, geenszins snel is, kan hij toch ook niet zeer traag heeten, en in den tijd waarin de sneeuw op hoogere breedten smelt, spoelt er eene groote hoeveelheid slijk, boomstammen, takken en andere stoffen naar beneden. De delta van den Mississippi, die ver in de Golf van Mexico oploopt, is een lage en zeer ongezonde landstreek vol lagunen, *creeks*, poelen en moerassen, die vergiftige dampen uitwasemen.

De St. Laurens, die den grooten waterweg naar Canada vormt, ontspringt onder den naam van den St. Louis in de meren van het „verre westen", *the far west*, van Noord Amerika. Deze rivier vereenigt het Bovenmeer, het Huronmeer, het meer Erie en het meer Ontario, en komt uit het laatste te voorschijn als de Iroquois. Beurtelings nauwer wordende en zich in meren uitbreidende, krijgt de Iroquois bij Montreal den naam van St. Laurens, vloeit vandaar naar Quebec, en vervolgens met een zeer langen mond in de Atlantische zee.

Ook de Saskatchewan en de Churchill ontstaan uit het doolhof van meren, dat de groote noordsche vlakte van Amerika kenschetst: zij vloeien met een slingerenden loop van meer tot meer, en storten zich eindelijk in de Hudsonsbaai.

Wij komen nu aan de riviersteIsels der Stille zee, en vestigen het eerst ons oog op de amerikaansche afdeeling. Van het Vuurland tot de Golf van Californie vindt men geen enkele belangrijke rivier, en van dat punt noordwaarts tot de Straat van Bering ontmoet men slechts de drie volgenden, de Colorado, de Columbia en de Fraser. De Colorado ontspringt uit de sierras van Nieuw Mexico, loopt door een dorre rotsachtige landstreek, en stort zich in de Golf van Californie. De Columbia met haar voornaamste bijrivier, de Lewis, stort met

snellen loop in watervallen en schietstroomen van de Rocky Mountains, en doorstroomt het Oregon-territory. De Fraser, eveneens een snel vloeiende rivier die uit de Rocky Mountains ontspringt, stroomt door het woeste, maar schilderachtig schoone land dat Engelsch Columbia heet. De Andes en de bergen van Mexico liggen te dicht aan den oever der Stille zee, zoodat er geen ruimte is voor de ontwikkeling van groote rivieren, en slechts waar de Rocky Mountains landwaarts in buigen, verschijnen de drie bovengenoemde groote rivieren.

Op de aziatische zijde van de Stille zee is het geval evenwel geheel anders: de bergen waaruit de rivieren ontspringen, liggen niet slechts ver in het land op, en geven daardoor dus gelegenheid tot eene groote stroomontwikkeling, maar zijn daarenboven als 't ware de ontvangers van veel regen en sneeuw. Op de oostelijke hellingen van Azie vinden wij de Amoer in Chineesch Tartarije, de Hoang-Ho, de Yang-tse-kiang en de Tsje-kiang in China, en de Menam en Mekong in Cochin-China — allen groote rivieren — behalve nog eene menigte kleinere rivieren die het land bevochtigen en vruchtbaar maken.

De Amoer, „het groote water" der Toengoezen, Sagalhim of het „zwarte water" der Mandsjoes, ontspringt hoog in de Daurianbergen, ontvangt verscheidene bijstroomen, en vloeit, na een loop van 2380 mijl, als een bevaarbare rivier in de Golf van Tartarije, die aan den eenen kant in de Zee van Ochotsk en aan den anderen kant in de Zee van Japan uitloopt. De Golf van Tartarije wordt dus door eene landmassa als afgesloten, en daardoor is het inkomen in den mond van den Amoer zoo veilig en gemakkelijk voor schepen; en voegt men daarbij hare bevaarbaarheid ver landwaarts in en hare verhouding tot Japan en Russisch Siberie, dan is er geen twijfel aan of deze rivier zal eenmaal een der belangrijkte handelswegen der wereld worden.

De groote rivieren van China — de Hoang-Ho en de Yang-tse-kiang — ontspringen uit de Kihan-sjan en Koeen-loeenbergen, die de hoogvlakte van Tartarije begrenzen. Nadat zij de lagere bergketenen van Yoenting en Peling door getrokken zijn, vloeien zij door de vlakte van China in de Gele zee. Ofschoon de monden dezer beide groote rivieren ver van elkander af liggen, kan men toch zeggen dat zij samen eene enkele delta vormen. Hare breede bevaarbare stroomen zijn in den onderloop door ontelbare gegravene en natuurlijke kanalen met elkander verbonden. De geheele landstreek van de zuidelijke takken van den Yang-tse-kiang, ten noorden van de Pei-ho of Witte rivier, die in de Golf van Pe-sje-le vloeit, is eene alluviale vlakte doorsneden met geulen en kanalen. De hoeveelheid slijk die door deze rivieren in de ondiepe Gele zee gebracht wordt, is onbegrijpelijk groot, en ofschoon hare bedden veelvuldig van plaats veranderen en vol zand- en slijkbanken zijn, zijn zij toch 600 tot 800 mijl ver voor groote schepen bevaarbaar, en voor kleinere schepen misschien wel tweemaal zoo ver.

De Mekong is een groote, maar weinig bekende rivier, die in de bergen van oostelijk Assam ontspringt. Met de Menam vloeit zij door de bergketenen van Cochin-China, en beiden vallen met onderscheidene monden in de Golf van Siam of Cambodsja.

Het rivierstelsel van de Indische zee heeft drie verschillende afdeelingen — de aziatische, de australische en de afrikaansche — naar dat de rivieren uit een van die werelddeelen vloeien. Wij beginnen met de eerstgenoemde afdeeling.

De Martaban, de Irawady en andere rivieren van Achter-Indie stroomen door de nauwe dalen, die tusschen de heuvelreeksen van die landstreek liggen, en vloeien zuidwaarts. Hare bronnen en bijstroomen zijn zeer weinig bekend; men weet slechts dat de Irawady, die in de Golf van Bengalen vloeit, 400 of 500 mijl ver bevaarbaar is. In den regentijd wordt deze rivier 3 of 4 mijl breed, en stroomt met eene snelheid van 4 of 5 mijl in het uur; haar water is dan tevens vol slijkdeeltjes.

De Ganges, die op eene hoogte van ongeveer 4000 meter uit het bergijs van den Himalaya ontspringt, vloeit met snelle vaart naar de vlakte van Indie, en ontvangt daar vele bijstroomen van de zuidelijke Himalaya-hellingen en van de noordelijke hellingen der Vindhya-hoogvlakten, totdat hij met onderscheidene monden in de Baai van Bengalen vloeit. De Brahmapoetra, de „zoon van Brahma", wordt gevormd door de vereeniging van twee groote rivieren, de Dzang-ho-choer en de eigenlijke Brahmapoetra: de eerste komt uit den Himalaya, en de laatste uit de bergen van Tibet. Na die vereeniging loopt deze rivier onder den naam van Brahmapoetra dwars door het oostelijke gedeelte van het Himalaya-gebergte, en dan, zuid- en westwaarts vloeiende, en den Ganges ver in grootte te boven gaande, stort zij zich in de delta van den Ganges, ongeveer 40 mijl boven de zee, ofschoon zij in haar eigen bed blijft vloeien. Gelijk andere tropische rivieren zijn ook de Ganges en de Brahmapoetra onderworpen aan jaarlijksche overstroomingen. In April begint het water te rijzen, is in Augustus op het hoogst, en in October wordt het weer lager. Zij beginnen eerst te zwellen door het smelten der sneeuw op de bergen, doch voordat de invloed daarvan zich in de vlakten doet gevoelen, staan dezen reeds ver en diep onder water door de massa regenwater, die er in den regentijd op gevallen is. Eene zeer groote hoeveelheid water wordt door die twee groote rivieren over de vlakte van Bengalen verspreid, en niet minder groot is de massa slijk die met dat water naar beneden wordt gespoeld; de geheele delta van 200 mijl lang en aan haar basis 180 mijl breed, met al hare kanalen, lagunen, *creeks* en slijkbanken, de bekende Sunderbunds, is niets anders als eene alluviale vorming, bezonken uit de twee bovengenoemde rivieren.

De Indus, de derde der groote rivieren van Indie, ontspringt in de hoogvlakte van Tibet, en daalt in een haastigen loop door de westelijke Himalaya, in de vlakte, waar hij vergroot wordt door de Punjab of Vijf Rivieren. Na zijne vereeniging aan de zuidpunt van de Suleimanheuvels ontvangt de Indus geen bijstroomen van belang meer, maar vloeit door een vrij dorre landstreek, ongeveer 300 mijl ver, eindigt dan in een groote delta, en vloeit zoo in de Indische zee.

De eenige belangrijke rivieren die uit westelijk Azie in de Indische zee vloeien, zijn de Eufraat en de Tigris — beroemd in de Oude geschiedenis, en nog door

een schoone, maar verwaarloosde landstreek vloeiende. De Eufraat en zijn bijstroomen ontspringen in de hoogvlakte van Armenie; hij vloeit in watervallen en schietstroomen door de Tauruketen naar de vlakte van Mesopotamie. Dit zelfde doet ook de Tigris, slechts met dit verschil dat hij in de hoogvlakte van Koerdistan ontspringt. Beide rivieren vloeien over een grooten afstand parallel door een schoone vlakte, en vereenigen zich eindelijk te Korna, op een afstand van 150 mijl van de Golf van Perzie, en vloeien dan vereenigd in zee. De oevers van den Tigris en den Eufraat, eens de woonplaats van een zeer beschaafd volk, dat kunsten en wetenschappen beoefende, en in steden als Babel en Nineveh woonde, zijn tegenwoordig bijna onbewoond, en met gras en heesters bedekt, en slechts in den naasten omtrek der rivieren ziet men nog dien weligen plantengroei, die eens de geheele landstreek bedekte, tengevolge van de kunstige waterleidingen en bevloeiingen die er voorheen aangelegd waren.

Australie is zeer slecht van rivieren voorzien: de wateren die van de oostelijke hellingen der heuvels vloeien, zijn slechts beken, terwijl de rivieren die van de westelijke hellingen komen, zich verliezen in de groote en nog onbekende vlakte van het binnenland. De Murray met zijne bijstroomen, de Darling, de Lachlan en de Murrumbidjee zijn de eenige bekende rivieren, en ofschoon zij in den regentijd woeste bergstroomen zijn, worden zij niet zelden gedurende den droogen tijd tot een reeks van vijvers en poelen.

En van de afrikaansche rivieren, die in de Indische zee vloeien, weten wij zoo goed als niets. Daartoe behoort onder anderen de Zambesi, die door Livingstone is ontdekt. Het zal zeker niet lang meer duren of ook deze rivieren zullen beter bekend zijn, dan tegenwoordig nog het geval is.

Alle rivieren die wij zoo even besproken hebben, hoever in het binnenland of hoe hoog op de bergen zij mogen ontstaan, vloeien toch eindelijk in zee, in den grooten oceaan. Doch er zijn er ook eenigen die dat niet doen; men noemt de rivierstelsels, waartoe de zoodanigen behooren, in navolging van Berghaus, continentaalstelsels, vastelandstelsels. Het zijn eenige binnen in het land gelegene kommen, zonder eenig verband met den oceaan: het evenwicht in den aanvoer en afvoer van het water wordt dáár bewaard door regen en sneeuw, en door uitdamping en opslorping. De voornaamste dier kommen zijn de Aralo-Kaspische kom in Azie; de kom van Utah en die van Mexico in Noord Amerika; die van het Andes-plateau in Zuid Amerika, en waarschijnlijk ook dergelijke kuilen in Nieuw-Holland en in Midden Afrika, doch die wij nog niet kennen.

Een blik op de kaart van Azie leert ons dat er onderscheidene rivieren in de binnenlanden zijn, die naar het eene of andere meer stroomen, of zich verliezen in het zand der woestijn. Dit is het vastelandstelsel van Azie, dat de meren Lob, Balkash, Helmund en andere meren met hunne bijstroomen, het meer Aral met de rivieren de Sir en de Amoe, en de Kaspische zee met de rivieren de Oeral en de Volga bevat. De meren en poelen van deze kom, gelijk die van alle

andere vastelandstelsels, hebben geen afvoer van water anders als door verdamping, en zij moeten dus noodzakelijk allen min of meer zout zijn; werkelijk ook is dit het geval met de Kaspische zee, het meer Aral, het meer Balkash, de Doode zee, het meer Utah en anderen, want waar zooveel regen valt dat hare hoeveelheid grooter is dan het verlies door verdamping, daar zouden de kuilen vol water moeten worden, en eindelijk zou het water over den rand loopen en een uitweg zoeken, gelijk andere meren, naar den oceaan.

Nu geven wij nog een lijst van de lengte in een rechte lijn, en van de lengte gemeten langs de bochten, van de voornaamste rivieren van de aarde, en stappen daarmede van de rivieren af.

| | | Lengte van de bronnen tot den mond in een rechte lijn. Geogr. mijlen. | Lengte gemeten langs de bochten, van de bronnen tot de zee. Geogr. mijlen. |
|---|---|---|---|
| Rivieren die naar de Noordelijke zee vloeien. | Ob | 1276 | 2320 |
| | Jenissei | 1221 | 2800 |
| | Lena | 1280 | 2400 |
| | Kolyma | 440 | 800 |
| | Indigirka | 500 | 910 |
| | Olenek | 600 | 100 |
| | Anadir | — | — |
| | Dwina | 380 | 864 |
| | Petsjora | 360 | 600 |
| | Mesen | — | — |
| | Saskatchewan | 924 | 1664 |
| | Mackenzie | 964 | 1154 |
| | Churchill | 668 | 850 |
| | Albany | 380 | 560 |
| Naar de Atlantische zee. | Newa | 315 | 440 |
| | Rijn | 360 | 800 |
| | Weichsel | 280 | 520 |
| | Elbe | 344 | 684 |
| | Oder | 280 | 480 |
| | Loire | 320 | 520 |
| | Dwina | 280 | 560 |
| | Njemen | 240 | 400 |
| | Duero | 260 | 440 |
| | Garonne | 200 | 320 |
| | Seine | 220 | 340 |
| | Taag | 360 | 480 |
| | Guadiana | 240 | 420 |
| | Guadalquivir | 180 | 260 |
| | Weser | 200 | 280 |
| | Minho | 108 | 192 |

| | | Lengte van de bronnen tot den mond in een rechte lijn. Geogr. mijlen. | Lengte gemeten langs de bochten, van de bronnen tot de zee. Geogr. mijlen. |
|---|---|---|---|
| | Nijl | 1320 | 2300 |
| Naar de Atlantische zee. | Rhône | 332 | 352 |
| | Po | 248 | 560 |
| | Ebro | 268 | 420 |
| | Donau | 880 | 1496 |
| | Dnjeper | 548 | 1080 |
| | Don | 408 | 960 |
| | Dnjester | 360 | 440 |
| | St. Laurens | 860 | 1800 |
| | Connecticut | 231 | 270 |
| | Delaware | 180 | 265 |
| | Orinoco | 370 | 1350 |
| | Essequibo | 350 | 420 |
| | Amazone | 1548 | 3080 |
| | Tocantins | 990 | 1120 |
| | Paranahyba | 560 | 744 |
| | St. Francisco | 870 | 1400 |
| | La Plata | 1028 | 1920 |
| | Mississippi-Missouri | 1412 | 3560 |
| | Rio del Norte | 1220 | 1840 |
| | Magdalena | 560 | 830 |
| Naar de Stille zee | Amoer | 1200 | 2310 |
| | Yang-tse-kiang | 1550 | 2880 |
| | Hoang-Ho | 1150 | 2280 |
| | Tse-kiang | 480 | 960 |
| | Columbia | 576 | 1360 |
| | Colorado | 512 | 800 |
| Naar de Ind. zee. | Ganges en Brahmapoetra | 821 | 1680 |
| | Indus | 900 | 1900 |
| | Menam | 600 | 1490 |
| | Eufraat | 600 | 1500 |
| | Godavery | 540 | 750 |
| | Kistua | 440 | 690 |
| | Irawady | 1100 | 1200 |
| Vastel.-stelsels. | Volga | 900 | 2400 |
| | Oeral | 550 | — |
| | Koer | 300 | 640 |
| | Sir | 600 | 1200 |
| | Amoe | 800 | 1400 |
| | Lob | 620 | 1000 |

## *i.* MEREN.

Een waterplas die aan alle kanten door land omringd is, en niet onmiddellijk met de zee of met een zeearm in verband staat, noemt men in 't algemeen een m e e r. Evenmin als wij kunnen bepalen waar een beek een rivier wordt, is het ook niet mogelijk de grens aan te geven waar een poel of een moeras een meer genoemd moet worden. Elke vrij groote kuil van het land die met water gevuld is, elke plaats waar het water zich verzamelt en in de laagte staan blijft, is een meer. Overal beneden de omringende landstreek of beneden het bed van de naaste rivier, zal het water zich verzamelen, totdat het — tenzij het door de verdamping verwijderd wordt — tot aan de laagste plaats van den rand der kom rijst, en er door een rivierbed uitvloeit. Zoo ontstaan de waterplassen die men poelen en ook die men meren noemt, en soms duizende vierkante mijlen groot zijn.

De meeste meren hebben z o e t w a t e r; sommigen, zooals het meer Aral en de Kaspische zee, die geen afvoer door eene rivier hebben, zijn zout; en anderen, die slechts een gedeeltelijken afvoer hebben, zijn b r a k. Meren komen in alle gedeelten der aarde voor, maar het meest op de hooge vlakten en in de lage vlakten. Ten gevolge van de grootere verdamping komen zij minder op lage dan op hooge aardbreedten voor, en vandaar de vele en groote meren van Amerika, Azie en Europa, vergeleken met andere aardgedeelten.

De geografen zijn gewoon de meren in vier soorten te verdeelen: 1. Meren die geen uitloop en geen inloop hebben — zij krijgen hun water uit bronnen in het bed en door den regen, en de verdamping voert het overtollige weg. Meestal zijn zulke meren niet groot, en zijn veelal laagten in venen, en ook wel uitgebrande kraters in bergstreken. 2. Meren die een uitloop hebben, maar geen stroomend water ontvangen, en meestal door bronnen in hun bodem of in de randen gevoed worden. Ook zulke meren zijn meestal klein en in bergstreken gelegen. 3. Meren die, gelijk de Kaspische zee en het meer Aral, wel rivieren en andere stroomende wateren ontvangen, maar geen zichtbaren uitloop hebben — het evenwicht wordt door de verdamping onderhouden. Zulke meren zijn steeds min of meer zout, en hunne zoutheid moet natuurlijk onophoudelijk toenemen. 4. Meren die zoowel stroomend water ontvangen als afgeven, en die verre het grootste getal op beide halfronden vormen.

Tot welke soort de meren ook mogen behooren, zij zijn in elk geval zeer belangrijk in de huishouding der natuur. Door groote oppervlakten water aan de verdamping bloot te stellen, dienen zij om de droogheid der lucht in hunnen omtrek te matigen, en tevens tot vergaderbakken waarin het overvloedige water van den winter bewaard wordt, voor de grootere behoeften in den zomer. In vele gevallen dienen zij als hindernissen voor het te snel wegloopen van het rivierwater: zij houden voor een langzaam verbruik terug wat

anders in weinige dagen zou wegvloeien, en nemen tevens het water op, dat anders als een verwoestende vloed over de omringende landerijen zou stroomen. Daar de meren veelal in den loop der rivieren voorkomen, dienen zij niet minder tot vergaderbakken voor het grint en zand en slijk dat het rivierwater voortstuwt: de wateren worden gezuiverd in het meer: als de rivier er in komt, is zij troebel, maar helder gaat zij er weder uit. Maar zoodoende worden de meren eindelijk vol, en in den loop der tijden veranderen zij in vruchtbare, door een rivier doorsnedene alluviale vlakten. Men behoeft slechts een blik te slaan op de vruchtbare dalen en vlakten van vele lang reeds bewoonde streken der aarde, om te bespeuren dat de meesten eenmaal niets anders geweest zijn, als eene reeks van poelen en moerassen en meren.

Wij willen nu weder, gelijk wij ook bij de bergen en vlakten, de zeeën en rivieren gedaan hebben, een blik werpen op de meren die in de vijf werelddeelen voorkomen, en beginnen daartoe met die van Europa.

Er zijn in ons werelddeel twee hoofdstreken waarin meren voorkomen — de hooge vlakten en het lage land; de eersten bevatten de schilderachtige meren van Schotland, Zwitserland en Italie, de laatsten de vele wateren van Rusland, Zweden, Pruisen en ons land. De meren der hooge landen liggen meestal in diepe, nauwe spleten der bergen, en die van de laagten veelal in ondiepe kuilen, die slechts weinig beneden de oppervlakte van den omringenden bodem liggen. De wateren van de hooglandsche of bergmeren worden meestal in het meerbed gehouden door rotsachtige dammen, die slechts op eene enkele plaats door de uitvloeiende rivier doorbroken worden; die rivier maakt evenwel de gleuf hoe langer hoe dieper, en ten gevolge daarvan wordt het meer al kleiner en kleiner, of, wat in dezen het zelfde is, wordt zijn waterspiegel al lager en lager. Integendeel is de afvoer van de meren der lage landen veelal langzaam en bijna onmerkbaar, en daarom is de omtrek van de meren in lage landstreken veelal niets anders als een moeras; wij behoeven ons land niet te verlaten om dit alles te zien.

Met slechts enkele uitzonderingen, zooals het Platten-meer en het Neusiedler-meer, bevatten alle europeesche meren zoetwater, en allen, of ten minste bijna allen, hebben invoer en uitvoer van water door stroomen of rivieren. De voornaamsten zijn de meren Ladoga, Onega, Saima, Peipus, en Enara in Rusland; het Wener-, het Wetter-, en het Maelarmeer in Zweden — het laatste slechts 1 meter boven den waterspiegel der Oostzee; — het meer van Geneve, van Constanz, van Neufchatel, van Lucerne en van Zurich in Zwitserland – allen op hoogten van 400 tot 590 meter boven den zeespiegel gelegen; — de meren Garda, Maggiore en Como in Italie; en Lough Neagh, Corrib, Esne, en Loch Lomond in Groot-Brittanje. Van onze meren en die van het noorden van Duitschland kunnen wij hier niet spreken: zij zijn in verhouding tot de bovengenoemden slechts onbeteekenende waterplassen, ofschoon zij in vele opzichten belangrijk genoeg zijn.

In Azie vindt men drie zeer onderscheidene streken waarin meren voorkomen — de bergen en hoogvlakten van het binnenland, de alluviale vlakten van China en Siberie, en de laag gelegene omtrekken van het meer Aral, de Kaspische zee en de Doode zee. Anders als de europeesche meren, zijn de aziatischen veeltijds zout of brak. Boven hebben wij reeds gezegd dat dit een natuurlijk gevolg is van de omstandigheid, dat de meesten wel invoer van stroomend water hebben, maar geen afvoer. Ook is er geen twijfel aan of het water van zulke meren moet hoe langer hoe zouter worden, daar de invloeiende rivieren onophoudelijk zoutdeeltjes aanvoeren, en dezen niet, maar het water wel, door verdamping verwijderd wordt. De voornaamsten zoutmeren van Azie zijn: de Kaspische zee, die slechts weinig minder zout is dan de oceaan, op sommige plaatsen eene diepte van 320 meter heeft, en 30 meter beneden den waterspiegel der Zwarte zee ligt; het meer Aral, 12 meter boven den zeespiegel gelegen; de meren Balkash of Tengiz, Oeroemiah, Wan, Zoerrah, Tongri-nor, Koko-nor, Lob, en de Doode zee. De voornaamste zoetwatermeren van Azie zijn het meer Baikal, de „heilige zee" der Russen, in Siberisch Tartarije, en de meren Tong-Ting, Poe-Jang en Tai-Hou in China, alle drie zeer belangrijk voor het verkeer en den landbouw in dat vruchtbare land. Behalve dezen moeten wij hier ook nog noemen het meer Zai-zan in Mongolie, Boekanor in Tibet, Erivan in Armenie, en Tiberias in Syrie, dit laatste 110 meter beneden den waterspiegel der Middellandsche zee.

In Afrika zijn onderscheidene meren, die slechts min of meer aan de geografen bekend zijn. Tusschen de Atlasketen en de woestijn Sahara vindt men eene reeks van meren, die door de rivieren welke van de genoemde bergketen vloeien, gevoed worden, en waarvan het grootste, het meer Loudeah, in Tunis ligt. In het bergachtige Nigritia vindt men ook eenige groote meren, die Tsjad, Dibbie, Fittie enz. heeten, en in den keerkringsgordel het meer Victoria N'yanza, het meer Baringo en andere vergaderbakken van den Nijl, terwijl er op de zuidelijke hoogvlakte verscheidene ondiepe waterplassen zijn, zooals het meer Ngami, het meer Nyanja, het meer Taganyika en anderen, die gedeeltelijk onderzocht zijn. Beter bekend zijn de meren Menzaleh en Mareotis in Egypte, en in Abessinie het meer Dembea of Tzana, dat op eene hoogte van 2100 meter boven de zee ligt, en het zoute meer Assal dat in een kuil 190 meter beneden den waterspiegel der Roode zee ligt.

In Zuid-Amerika zijn betrekkelijk weinig meren. Van die op het Andesgebergte gevonden worden, is het merkwaardigste het meer Titicaca, gelegen op eene hoogte van 4000 meter; het wordt door onderscheidene van de Andes vloeiende rivieren gevoed, maar ontlast zijn overtollig water slechts door een enkele rivier, de Desaguadero, die na een korten loop verdwijnt, gedeeltelijk door verdamping en gedeeltelijk door opslorping in den zandigen en dorren bodem, waarover zij vloeit. De meren die aan den oostelijken voet der Andes voorkomen, zijn wel vol water in den regentijd, maar gedurende de droogte slechts moerassen en zoutpoelen, zoogenoemde *salinas*.

In Noord-Amerika vinden wij twee duidelijk verschillende streken waar meren voorkomen, namelijk de hooglanden en de lage vlakten. De meren der hooglanden liggen in de kuilen en spleten van de Rocky Mountains, van Panama in het zuiden tot Columbia in het noorden, en die van de laagten in de groote vlakte die zich van het zuiden van Canada tot aan de Noordelijke zee uitstrekt. Tot de eersten behooren de meren Nicaragua, Maragua en Yojoa in Midden-Amerika, Chapala in Mexico, het meer Utah en het Groote Zoutmeer in de Vereenigde Staten.

In de vlakte liggen de zoetwatermeren die de keten van den St. Laurens vormen, en waarover wij bij die rivier reeds even gesproken hebben. Hunne namen zijn het Bovenmeer, het meer Michigan, Huron, Erie en Ontario. Behalve dezen vindt men nog een groot netwerk van meren in het hooge noorden, die met de canadasche meren een meerstreek vormen, die door geen enkele op de geheele wereld in grootte overtroffen wordt. De voornaamsten van deze noordelijke ondiepe, moerassige en langen tijd van het jaar bevrorene meren zijn het Groote Berenmeer, het Groote Slavenmeer, het meer Winnepeg, Winnipegoos, Athabasca, het Hertenmeer, Manitoba, Wollaston en het Bosschenmeer.

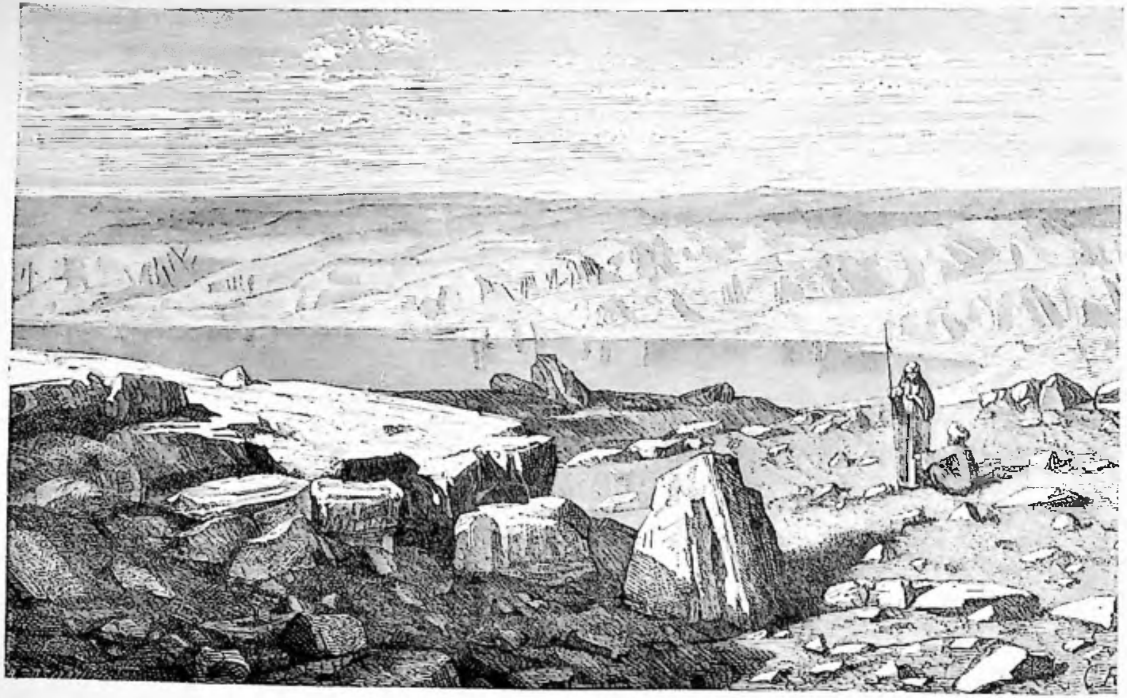
Wat Australie betreft, wij weten dat zekere streken die in den regentijd blank onder water staan, in den droogen tijd slechts moerassen of slijkpoelen zijn, en dat er langs de zandige kust op vele plaatsen zoute en brakke lagunen zijn — doch wij zijn nog veel te weinig met het binnenland bekend, om te kunnen verzekeren dat er in den eigenlijken zin van het woord meren zijn, hetzij zoeten of zouten.

Wij hebben nu in het algemeen een blik op de voornaamste meren der aarde geslagen: laat ons nu eenige meren meer in bijzonderheden beschouwen; wij zullen daardoor onderscheidene dingen leeren kennen, die in het bovenstaande overzicht niet konden worden opgenomen.

Boven zagen wij reeds dat er meren zijn, die lager liggen dan de waterspiegel van den oceaan. Dit is het geval met het groote meer dat men de Kaspische zee noemt, en welks waterspiegel meer dan 10 meter lager ligt dan die van de Zwarte zee.

De Kaspische zee, het grootste meer der aarde, heeft zelfs in historische tijden belangrijke veranderingen van den waterstand ondergaan; ja zelfs is het zeer waarschijnlijk dat dit meer nog omstreeks het jaar 500 met de zee van Azov en het meer Aral heeft samengehangen. In eveneens zeer vroege tijden moet er, aan het zuideinde der Kaspische zee, een rijzen van den waterspiegel van minstens 15 meter plaats gehad hebben, wat uit gebouwen blijkt die voor dien tijd gebouwd zijn, en thans onder water staan. Sedert heeft er niet slechts een aanhoudend dalen, maar bij afwisseling, hoewel niet geregeld, een rijzen en dalen der Kaspische zee plaats gehad.

Het is moeielijk te zeggen of hier een werkelijk rijzen en dalen van den



Gezicht op de Doode Zee.

zeespiegel, alzoo eene af- en toeneming van het water geschied is, dan wel of dit slechts schijnbaar zoo is, en de oever door vulkanische werking eene rijzing en daling ondergaan heeft, gelijk wij dat vroeger bij vele zeekusten zagen. De onderzoekingen, door LENZ omstreeks 20 jaren geleden aan den oever der Kaspische zee gedaan, zijn nog niet genoegzaam bewezen om die vraag te beantwoorden.

Het belangrijkst echter is in dit opzicht de lage ligging van de Doode zee, welker spiegel bovendien de laagste ligging op de geheele aarde heeft, en waarin de Jordaan uitloopt. De Doode zee, ook wel de Zoutzee geheeten, wijl zij het zoutste water van alle zeeën heeft, ligt met haren spiegel 400 meter lager dan de Middellandsche zee, ja zelfs de toppen harer oeverbergen liggen nog beneden het waterpas der laatstgenoemde, en zouden onder water bedolven worden, als de slechts weinige mijlen breede dam doorgestoken werd, die het dal der Jordaan, aan welks einde de Doode zee ligt, van de Middellandsche zee scheidt. Deze zonderlinge verhouding wordt des te belangrijker, als men bedenkt dat de Doode zee met geene andere in verbinding staat, en dat toch de niet onbeduidende Jordaan er in stroomt, nadat hij vooraf de zee van Tiberias of het meer van Genezareth, dat 110 meter onder de Middellandsche zee ligt, doorloopen heeft. Het is eene onbegrijpelijke dwaling als men dat verschijnsel door een geheimen uitloop van de Doode zee in de Roode zee, of in de Middellandsche zee wil verklaren, daar immers, als er tusschen eene van beide laatsten en de Doode zee eenige verbinding bestond, het waterpas van de laatstgenoemde natuurlijk even hoog als dat van de andere moest worden.

De verdamping aan de oppervlakte moet in de Doode zee even groot zijn als de hoeveelheid water die er door den Jordaan en den regen wordt ingebracht. De gemiddelde diepte van de Doode zee is van 400 tot 600 meter, maar men kan eigenlijk in dit meer twee verschillende kommen onderscheiden, eene zeer diepe in het noorden, en een kleinere en ondiepe in het zuiden, die door een zandig schiereiland, El-Mesraa geheeten, gescheiden worden.

De dorre, naakte, doodsche oevers van dezen zouten waterplas zijn wel is waar op enkele plaatsen met hooge rietsoorten begroeid, maar in 't algemeen is de geheele omtrek zonder plantengroei. Men vindt er slechts boomen waaraan de vruchten groeien, die bij de Arabieren *osher* heeten, en bij ons als appels van Sodom bekend zijn: die vruchten gelijken op appels, maar zijn van binnen vol van eene poederachtige, op asch van turf gelijkende stof.

Zout zijn vele meerwateren, zooals wij boven reeds herhaalde malen gezegd hebben. Vooral de tafellanden van Mongolie en Tartarije en de onafzienbare siberische vlakte zijn rijk aan zoutmeren, van welke sommigen op zekere tijden zelfs verzadigde zoutoplossingen zijn. Het ontstaan van zoutmeren kan door vele oorzaken verwekt worden, welker feitelijke aanwijzing toch slechts in de minste gevallen gelukken zal. Men kan gelooven dat een zoutmeer een overblijfsel is van de zee, hetwelk in eene verdieping van de oppervlakte der aarde achtergebleven is, en welke, de zee namelijk, in vorige tijden andere

grenzen gehad heeft als tegenwoordig, waaruit zij zich sedert terug getrokken heeft. Of het zoutmeer kan ontstaan zijn door zoutbeken, die er even goed zijn als zoutbronnen, en die, aan een zouthoudenden steppenbodem zout ontnemende, in eene lager liggende plaats der steppe samenvloeien, en een steeds grooter en zouter wordend meer vormen. Of het zoutmeer kan gevormd worden door waterbeken, die eveneens door samenvloeiing een meer vormen, maar op eene plaats waar eene zoutbedding of eene zoutlaag boven de aardkorst uitkomt. Elk dezer oorzaken kan bij de vorming van een zoutmeer werkzaam geweest zijn. Wij mogen echter ook de wijze van verklaring niet vergeten die wij boven gegeven hebben, en die met de theorie van Halley — welke ook door Maury aangenomen wordt — overeenstemt, namelijk dat elk meer van zoet water, dat een onafgebrokenen aanvoer doch geen afvoer heeft, eindelijk daardoor tot een zoutmeer moet worden, omdat het geringe zoutgehalte dat al het zoete water bezit, zich in het meer moet ophoopen, daar het door de verdamping niet weder verloren kan gaan. Voor die theorie is het bijzonder gunstig dat juist het groote binnenland van Azie, dat wij met Berghaus het gebied der continentaalstroomen noemden, zeer rijk aan zoutmeren is.

Vele zoutmeren zijn onuitputtelijke voorraadschuren van keukenzout. Als een voorbeeld daarvan diene de schildering van het beroemde meer Elton, dat in den grooten hoek ligt dien de Volga naar het westen bij het begin van haren onderloop beschrijft.

In eene volkomen effene steppe gelegen, heeft het meer Elton een eironde gedaante en een omtrek van 7 mijl. Het is zeer ondiep, en kan dus in zijne geheele breedte doorwaad worden. Slechts ten tijde van het smelten der sneeuw en in October zwelt het door regenwater een weinig op. Het water dat er door vele kleine zoutrivieren ingevoerd wordt, verandert zijn spiegel niet, daar het juist zooveel bedraagt als het verlies door verdamping, en het meer Elton is dus een van die waarbij toevoer en verlies in evenwicht staan.

Het water van dit meer is niet klaar, maar geelachtig en troebel, en bevat, behalve keukenzout, nog vele andere zouten in oplossing. Naar de jaargetijden verschilt de rijkdom aan zout, en bedraagt ten hoogste 13 procent. Het armste is het water na het smelten der sneeuw, en in den herfst in den regentijd. In den zomer, als de verdamping het sterkst is, vormt er zich een dun zoutvliesje op de oppervlakte van het water, uit kleine drijvende zoutkristallen bestaande, die dan zinken om voor nieuwen plaats te maken. Op deze wijze vormt er zich, in den loop van den zomer, eene losse zoutlaag op den bodem van het meer, welke men „nieuw zout" noemt. Zij wordt echter niet terstond verzameld, wijl zij door bittere en licht vervloeiende zouten verontreinigd is, en waarvan het keukenzout dier laag zich slechts zeer langzaam zuivert. Gedurende den winter, waarin de zoutafscheiding stilstaat, wordt er vooral door het sneeuwwater eene dunne zwartachtige laag van slijk over de laatste laag nieuw zout, die zich ondertusschen gereinigd heeft, afgezet. Op deze wijze bestaat de bodem van het meer uit talrijke lagen zout en leem. In het jaar 1805 werd die verhouding

nauwkeurig onderzocht, en men brak door eene menigte van zulke lagen heen, die tusschen 2 en 20 centimeter dikte afwisselden, en hard als steenzout waren. Eindelijk kwam men op eene steenzoutlaag die zoo hard als eene rots was, en wel zoo hard dat de ijzeren werktuigen aan stukken braken, en men het voornemen om nog dieper te dringen, moest opgeven.

Die zoutmassa op den bodem van het meer, zoo schitterend wit en slechts door eene dunne laag water overdekt, geeft aan het meer Elton van verre het uitzicht van eene ijsvlakte, en vertoont bij eene laag aan den hemel staande zon de verrassendste werkingen van de straalbreking. Daardoor heeft het ook zijnen naam verkregen, die in het kalmuksch *Attan-nor* luidt, en „gouden ster" beteekent.

De russische regeering krijgt jaarlijks groote massa's keukenzout uit het meer Elton, en wel op de eenvoudigste wijze. In platte pramen, waarvoor echter wegens den lagen waterstand nog groeven in den zoutbodem gebroken moeten worden, varen twee mannen in het meer op, van welke de een eene zoutschots los breekt, die de andere met eene soort van schop aanvat, en door afspoelen van het slijk reinigt. Daar de beladene pramen in het ondiepe water den oever niet weder kunnen bereiken, lossen zij het zout aan een in het meer opgebouwden dam, vanwaar het naar de schuren gebracht wordt.

Die boven gemelde lichtbeelden zijn ook aan andere zoutmeren eigen, waar eveneens het vaste zout slechts door eene dunne laag water bedekt is. In den heeten zomer van 1833 verlichtte het zoutmeer van Kujanlik bij Odessa alle avonden de geheele landstreek, als de zeewind opstak. Of dit geschiedde ten gevolge der insolatie (zoo noemt men het als een voorwerp lang aan de zonnestralen blootgesteld geweest is) zoodat de zoutrijke waterspiegel de ingezogene zonnestralen, als een lichaam dat zelf lichtend geworden was, weder uitstraalde, dan wel of het kristallisatieproces, dat ten gevolge van de groote warmte bijzonder krachtig plaats had, de ontwikkeling van licht veroorzaakte, is niet te bepalen. Volgens de undulatietheorie moet bovenstaand „ingezogen" natuurlijk niet woordelijk opgenomen worden, daar er aan het lichten der zonnestralen geene lichtstof tot grondslag ligt. De andere wijze van verklaring van dat lichten van het meer van Kujanlik is niet zonder voorbeeld, daar men ook elders het kristallisatieproces door lichtverschijnselen vergezeld heeft bevonden.

Ook moeten wij hier nog, bij de zoutmeren, de natronmeren van Egypte, en van de Debrecziner vlakte in Hongarije, vermelden, waaruit het natron in menigte gewonnen wordt.

Eindelijk zijn er naast de versteenende bronnen, die wij vroeger kennen leerden, ook versteenende meren, dat is zulken welker water dubbel koolzuur kalk in oplossing bevat, die daaruit, na verlies van een gedeelte koolzuur, als enkel koolzuur kalk bezinkt, en voorwerpen die in het water liggen, met eene korst van kalk overtrekt.

In vroegere tijden zijn zulke incrusteerende meren veelvuldig aanwezig geweest, zooals wij aan de uitgestrekte lagen van zoetwaterkalk, tufkalk, kunnen

zien, waarin men zeer duidelijk nog de holten der plantenstengels erkennen kan, waarin het kalk zich nederzette. Zulk een kalkvormend meer is het Lough Neagh in Ierland, en ook het meer Beria Schahi in Perzie. En in ons eigen land vinden wij ook een voorbeeld van een omkorstend meer; het is het meertje van Rockanje in het land van Voorne in Zuid-Holland, waarover boven reeds even gesproken is. Het water zet een korst van groenachtig grijs kalk af rondom de rietstengels en andere voorwerpen die in het water zijn: als rolvormige, in de lengte doorboorde klonters haalt men die kalk-afzetsels uit het water, en zoo vindt men hen in onderscheidene verzamelingen van natuurvoorwerpen bewaard.

Vele meren van Europa liggen niet slechts met hun waterspiegel, maar ook met hun **bodem** ver boven den zeespiegel. Dit is vooral het geval met de schoone zwitsersche en italiaansche meren, zooals blijkt uit het volgende lijstje:

| | | |
|---|---|---|
| het meer Garda ligt . . . . . . | 70 | meter boven den waterspiegel der zee. |
| „ „ Maggiore, . . . . . . | 210 | „ „ „ „ „ „ |
| „ „ van Lugano, . . . . . | 250 | „ „ „ „ „ „ |
| „ „ „ Geneve, . . . . . | 380 | „ „ „ „ „ „ |
| „ „ „ Constanz, . . . . . | 400 | „ „ „ „ „ „ |
| „ „ „ Zurich, . . . . . . | 410 | „ „ „ „ „ „ |
| „ Wallenstädtermeer, . . . . . | 420 | „ „ „ „ „ „ |
| „ meer van Zug, . . . . . . . . | 420 | „ „ „ „ „ „ |
| „ Bielermeer, . . . . . . . . . | 444 | „ „ „ „ „ „ |
| „ meer van Neufchâtel, . . . . . | 445 | „ „ „ „ „ „ |
| „ Murtenmeer, . . . . . . . . . | 445 | „ „ „ „ „ „ |
| „ Vierwaldstädtermeer, . . . . . | 445 | „ „ „ „ „ „ |
| „ meer van Sempach, . . . . . | 510 | „ „ „ „ „ „ |
| „ Thunermeer, . . . . . . . . . | 580 | „ „ „ „ „ „ |
| „ Brienzermeer, . . . . . . . . . | 590 | „ „ „ „ „ „ |

Uit deze lijst zien wij, dat nabij elkander liggende en door eene rivier samenhangende meren, somtijds slechts weinig in waterpas verschillen. Het Murtenmeer, dat door de Broie in het meer van Neufchâtel afvloeit, ligt slechts 15 centimeter, en dus bijna niets hooger dan het laatste: en het Bielermeer, waar de Zihl, die uit het meer van Neufchâtel komt, instroomt, ligt slechts 1 meter lager. Daarentegen ligt het Brienzermeer 10 meter hooger dan het Thunermeer, ofschoon de Aar slechts een half uur te stroomen heeft, om uit het eerste in het laatste te komen. Hij heeft echter daarvoor ook een sterk verval, terwijl de Zihl, hoewel hij een langeren loop heeft, zeer langzaam vloeit. In zulke gevallen is het waarschijnlijk, en somtijds, zooals ten opzichte van het meer van Neufchâtel en het Murtenmeer, is het te bewijzen, dat die meren vroeger één meer uitgemaakt hebben.

Behalve de zoo even gemelden zijn er nog vele kleine meren in Zwitserland,

die voor een gedeelte nog hooger liggen, en, zooals te begrijpen is en wij ook reeds vroeger gezegd hebben, zijn de hooger gelegene meren altijd klein, wijl de bergtoppen, hoe hooger hoe spitser wordende, steeds minder gelegenheid tot het bestaan van uitgestrekte, blijvende verzamelingen van water aanbieden. Dicht bij het 2220 meter hoog liggende klooster op den Grimsel ligt een klein meer, en niet ver van daar, eenige meters hooger, het Doodenmeer, zoo geheeten omdat het geen dierlijk leven in zijnen schoot verbergt. Nog een weinig hooger ligt het Moesolameer, dicht bij den pas van den grooten Bernhardino, die op een hoogte van 2560 meter ligt. Twee, ook zeer hoog gelegene bergmeren van Grauwbundtenland, die h o r i z o n t a a l dicht bij elkander, maar in h o o g t e ver van elkander afliggen: het Lago nero op 2395, en het Lago bianco op 2285 meter hoogte boven de zee, zijn ook zeer belangrijk. Het Lago nero vloeit noordwaarts af, in de rivier de Inn, terwijl het Lago bianco zuidwaarts in de Adda, een bijstroom van den Po, uitloopt. Bovendien ontspringen er zeer vele beken van de Alpen uit kleine, hoog gelegene meren. De Adigo ontspringt uit het, in Vintschgau, 1450 meter hoog gelegene Reschenmeer. Velen van de hoogste bergmeren zijn slechts korten tijd, slechts 3 maanden van het jaar, zonder ijs, en worden dan door het sneeuwwater gevoed.

Boven spraken wij reeds even over het meer T i t i c a c a in de Andes, als op eene hoogte van ongeveer 4000 meter boven de zee gelegen. Op eene zoo belangrijke hoogte kan er slechts eene zoo uitgebreide vlakte bestaan, doordat de Andesketen zich als 't ware splijt, en eene wijde bergvlakte, een zoogenoemd hoog plateau, insluit. Nog meer bijzonder dan zijne belangrijke hoogte is bij het meer Titicaca de omstandigheid, dat het tevens het middenpunt is van een klein stroomgebied van continentaalrivieren, gelijk wij ook zulk een, maar van grooteren omvang, in Azie leerden kennen, waar de Kaspische zee, het meer Aral en tallooze kleine anderen het water der rivieren opnemen. Die aanwezigheid van een belangrijk stroomgebied op 4000 meter hoogte, zonder eenige afvloeiing in de eene of andere zee, is des te zeldzamer, daar de kust van den grooten oceaan slechts weinige mijlen, in horizontalen afstand, van den westrand van het meer Titicaca verwijderd is. Als er ooit door vulkanische schokken die, zooals wij weten, niet zelden op de westkust van Amerika plaats hebben, aan het meer eene afvloeiing geopend wordt, dan zal daardoor, op die zeer steil afloopende westzijde der Andes, een zeer groote waterval veroorzaakt worden.

Nog hooger dan het meer Titicaca, namelijk meer dan 5180 meter, liggen dicht bijeen, in den Himalaya, de meren ven Mapana en Lanka, die, als de bronnen van de vier heilige rivieren, voor de Hindoes voorwerpen van vereering zijn.

Er zijn sommige meren die groen, terwijl anderen blauw of zelfs bruinachtig van kleur zijn; het meer van Geneve, bij voorbeeld, heeft volkomen de kleur van de Middellandsche zee. Meestal echter is de kleur meer groen dan blauw, en zelfs somtijds zoo helder groen, dat, wie het niet gezien heeft, genegen is

om het koloriet van de waterpartijen op schilderingen van zwitsersche landschappen, voor overdreven te houden. Doch bij die kleur is het water tevens ten hoogste doorschijnend en klaar. Het Thunermeer, en vooral het Vierwaldstädtermeer in zijne hoogste gedeelten, bij Brunnen, zijn van een schitterend groen. Waardoor die kleur teweeg gebracht wordt, is evenmin uitgemaakt als het dat is van de kleur der zee. Menig door hooge bergen omringd meer, zou misschien zijne prachtige kleur niet hebben, als het in de vlakte lag. Berghaus beweert dat de zuiverheid van het water, dat is het vrij zijn van opgeloste stoffen, de voorwaarde van de kleur der bergmeren niet kan zijn, eenvoudig op grond dat het water van geen van allen scheikundig zuiver is. Er schijnt zekere grootte van het meer, en zekere gesteldheid zijner omgeving vereischt te worden, om het water groen van kleur te doen gelijken. Het kleine meer van den Grimsel en het Doodenmeer, die beiden volkomen doorschijnend water hebben, en de nog kleinere meren op den Faulhorn en beneden den Grimsel op den Räterichsboden, die even zuiver zijn, vertoonen gewoonlijk die zeegroene kleur niet.

In allen gevalle zijn bij het ontstaan van de kleur ongetwijfeld de graad van doorschijnendheid, de diepte van het water, de toestand van den bodem, en gelijk wij reeds gezegd hebben, de hoogte en andere gesteldheden van den oever van invloed, en vervolgens ook de dichtheid van het water, de hoeveelheid vreemde bijmengselen, de beweging der oppervlakte, en misschien ook de stroomende beweging in de diepte.

In vele meren verwekken kruinen van rotsen, die uit groote diepten van den rotsigen bodem tot aan den waterspiegel oprijzen, somtijds scherp afgescheidene kleurschakeringen. Dicht bij Zürich heeft daardoor het overigens vrij heldergroene Zürichermeer melkwitte vlekken van tamelijk groote uitgestrektheid.

Vele meren, vooral die van de Alpen, onderscheiden zich ook, behalve door de kleur, door de doorschijnendheid van hun water. Onvergelijkelijk schoon is bij een steenachtigen bodem het lichtbeeld, dat de oppervlakte, door een zacht windje gerimpeld en door de zon beschenen, op den bodem schildert. Als tegenhanger van wat wij vroeger van de doorschijnendheid van het zeewater mededeelden, noemen wij hier de meren van Zweden, die door hunne klaarheid, aan die van de lucht gelijk, wereldberoemd zijn, en van welke Elliot verhaalt, dat hij die, in een bootje gezeten, er over vaart, zich dikwijls bedriegt, daar het hem toeschijnt als of hij lucht onder zich had en geen water. Als men zoo op den gladden waterspiegel langzaam den top van een daar beneden liggenden berg nadert, dan verbeeldt men zich dat men er bij opklimt, terwijl men na het overtrekken van den misschien diep onder water liggenden top, gewoonlijk verschrikt, wijl men meent naar beneden te zullen storten. Van het dek eener stoomboot ziet men in het meer van Genève elken steen op eene groote diepte scherp en duidelijk afgeteekend liggen.

Gelijk er tusschenpoozende bronnen zijn, vindt men ook meren die bij afwis-

seling vol water en droog zijn. Het beroemdste in dit opzicht is zeker het Zirknitzermeer in de Krain. Het vult een groot gedeelte van een wijd dal, hetwelk door steil afgebrokene rotsen omringd is, welker toppen in den Slivinka en in den Javornik omstreeks 1300 meter hoog oprijzen. Dit waterbekken, dat aan twee zijden door twee gelijkloopende bergruggen, en aan de twee andere zijden door lage heuvelen begrensd wordt, is bij gewonen waterstand drievierde mijl lang en eene halve mijl breed. Dit meer ligt in een zeer sponsachtig en aan holen rijk jurakalk, tusschen het door zijn druipsteenhol beroemde Adelsberg, en Laas bij het stadje Zirknitz. De holen van den rotsbodem bevatten bestendig water, en van dezen zijn er 12 die afwisselend water spuien of uitwerpen, en weder opslorpen, en 28 die geen water geven, maar wel opnemen.

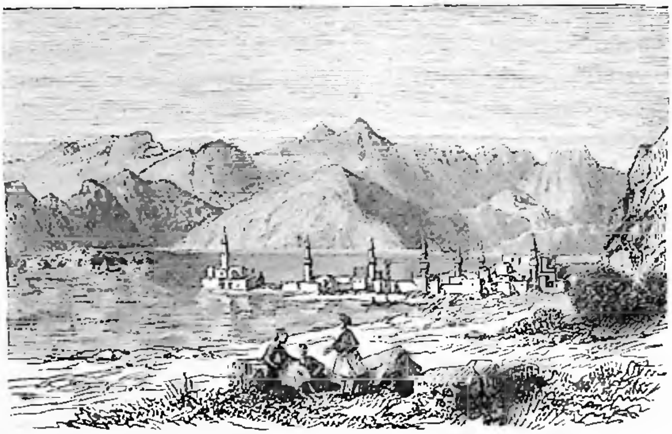
„Als het nat, onstuimig en stormachtig weder wordt," zegt BERGHAUS, „werpen die holen soms met groot gedruis, aan springbronnen gelijk, eene groote hoeveelheid water uit. Vooral onderscheiden zich daarin twee holen in den berg Invorning, en zonder die twee zouden alle overige bronnen en beken, die zich in dit dal uitgieten, niet in staat zijn om het zoo hoog met water op te vullen. STEINBERG verzekert dat de overige wateraanbrengers, bij bestendig aanhoudenden regen, het dal binnen twee dagen nauwelijks tot voor de helft kunnen vullen, en dat daarentegen deze twee holen, bij een regen van slechts weinige uren, met storm en onweêr vergezeld, het dal zoo snel onder water zetten, dat de visschers dikwijls slechts door eene schielijke vlucht aan het indringende water kunnen ontloopen. Die twee holen heeten Branja Jane en Sucha Dulza. Overal zijn in het inwendige dier holen de openingen zichtbaar, waardoor het water uit het binnenste van den berg in deze hoofdkanalen dringt. Door al die gaten stijgt het meer ongelijk veel sneller dan het daalt, want als er op het omliggende gebergte veel regen valt, wordt het in den tijd van 24 uren tot den gewonen waterstand opgevoerd, maar om ledig te worden heeft het minstens 25 dagen noodig."

Dat wonderbare meer wordt dan door twee andere holen, die de namen van Velka Karlauza en Malka Karlauza dragen, eenigen tijd lang op de gewone waterhoogte gehouden, daar zij het overtollige water opnemen. Maar zijn die gaten niet meer voldoende, dan volgen er uitgebreide overstroomingen, die het vlakke land ver onder water zetten.

Dat afwisselende bestaan van het Zirknitzermeer heeft aanleiding gegeven tot de fabel die van boek tot boek voortgeplant is, dat men alle jaren in dat meer beurtelings kan visschen en oogsten, daar, na het wegloopen van het water, het uitgezaaide koorn zich snel en krachtig ontwikkelen en rijp worden zou. Daar dit meer echter in vele jaren soms in 't geheel niet afloopt, en in andere jaren, als het dit wel doet, dikwijls onverwacht terugkeert, zoo bepaalt zich dat oogsten tot het maaien van het gras, dat steeds op de randen van het meer snel opschiet. Ook is het eens een vol jaar lang (van Januari 1834 tot het laatst van Februari 1835) tot op den laatsten druppel afgeloopen gebleven, terwijl anders gewoonlijk een weinig water en daarin jonge visschen overblijven.

Van die volkomene verwijdering van het water werd gebruik gemaakt om de afvoerende holen van ontstane verstoppingen te bevrijden, om daardoor, als het mogelijk was, het afloopen meer geregeld te doen geschieden. Men haalde geheele hopen van allerlei dingen uit de gaten, aarde, grint, steenen, biezen, boomstronken, stukken van visschersbooten, enz.

Ook in Griekenland vindt men een meer dat beurtelings met water gevuld en droog is: het is het door de lotgevallen van AALI-PACHA beroemd gewordene



Het meer van Janina, in Griekenland.

meer van Janina, dat door een onderaardsch kanaal met de rivier Kalama in verband staat. In den zomer is het bijna droog, en dan zaait men er maïs in.

In vele, zelfs niet zeer groote meren bemerkt men een onregelmatig wassen en vallen van den waterspiegel. Daar dit bewezen is van de hoeveel-

Het meer Pavin, in Auvergne.

heid van het toestroomende water onafhankelijk te zijn, heeft men het voor eene eb en vloed gehouden. Maar daar zelfs groote streken van de zee, die door

een landtong, als een bekken, afgescheiden zijn, geen eb en vloed hebben, kunnen wij die nog veel minder bij kleine meren verwachten. Zulke afwisselingen van het waterpas, die men bij het meer van Genève *seiches* noemt, komen, behalve bij dat meer, ook voor bij het meer van Constanz, het Züricher, het Neurenberger, het Plattenmeer of het meer Ballaton, het meer van Como en anderen. Zij zijn noch aan de jaargetijden, noch aan tijden van den dag verbonden, ofschoon zij meer bij dag dan bij nacht, meer in den lente en in den herfst dan in den zomer en winter waargenomen worden; zij zijn daar het sterkst waar het meer zijn afloop heeft. De duur van dat raadselachtige verschijnsel is zelden meer dan 20 tot 25 minuten, en is zelfs somtijds veel korter.

De vijver van Berre, bij Marseille.

Onder al de verschillende verklaringen is deze zekerlijk de waarschijnlijkste, dat de seiches veroorzaakt worden door eene gelijktijdige, maar ongelijk sterke luchtdrukking op verschillende plaatsen van den waterspiegel van het meer.

Wij zeiden boven dat sommige meren niets anders zijn als oude, met water gevulde kraters. Veelal zijn het eenvoudig kommen met regenwater gevuld, en waarin het evenwicht door de verdamping bewaard wordt. Een der merkwaardigste meren van deze soort is het meer Pavin in Auvergne, dat wij hier boven afgebeeld zien. De meren van Albano en Averne in Italie, en verscheidene meren in den Eifel hebben den zelfden geologischen oorsprong als het meer Pavin.

Er zijn ook meren die onmiddellijk gemeenschap met de zee hebben, en even goed baaien of golven als meren mogen heeten: zij worden l a g u n e n en h a f f e n geheeten. Zulke waterplassen worden van de zee afgescheiden door een dijk of wal, dien men den naam van l i d o en van n e r i n g geeft. De bekendste ne-

ringen zijn die van het kurische- en het friesche haf. Gewoonlijk ligt de opening, waardoor de zee en het haf met elkander in verbinding zijn, aan het eene einde der nering, zooals ook in de beide genoemde voorbeelden. De neringen worden door de zee alleen gevormd, als het begin daarvoor door lange dammen van opgeworpen zeewier gegeven is, waarin zich het vloedzand vastzet. De Weichsel en de Memel, die in de bovengenoemde haffen uitloopen, schijnen die slechts

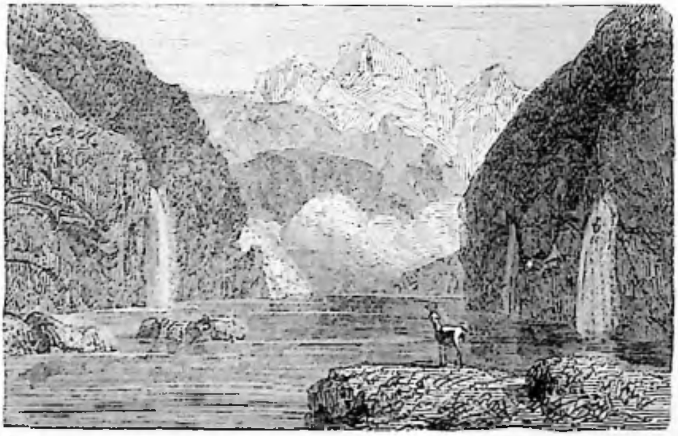
Het meer van Genève.

weinig te verzanden, misschien omdat die beide rivieren langen tijd door vlakten loopen, en haar meeste slijk onder weg laten bezinken.

Als voorbeelden van zulke door neringen van de zee afgescheidene meren

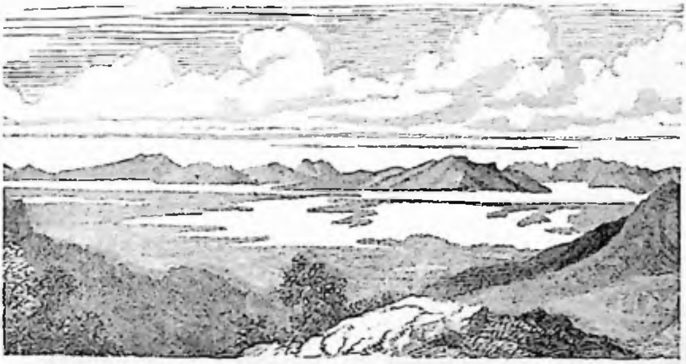
noemen wij hier, behalve de bovengenoemde haffen in de Oostzee, de lagunen van Venetie en Commachio, het Maelarmeer in Zweden, de vijver van Thau bij Cette, en die van Berre bij Marseille.

De zwitsersche meren zijn beroemd door de schilderachtige gezichtspunten, die zij verschaffen. Over die van Lucerne, Constanz en Genève spraken



Het meer van Oeschi, bij Kandersteg in Zwitserland.

wij boven reeds. En toch zijn het misschien deze schoone meren niet, die het meest de aandacht van den schilder of den vriend van schoone landschappen trekken. De kleine meertjes, hoog op de bergen in de eenzame streken der



Het zoutmeer in Utah.

bergtoppen als verscholen, aan welker oevers de gems zijn dorst komt lesschen, of de arend uitrust van zijne rooftochten, bezitten eene bijzondere soort van schoonheid, die aan de groote waterplassen ontbreekt, welker oevers door den mensch bewoond worden, en die door de vaartuigen der menschen worden doorploegd. Als bij uitnemendheid schilderachtig noemt men het kleine

meer van Oeschi bij Kandersteg in het kanton Bern, waaruit de rivier de Brander ontspringt. Ook in Azie op den Himalaya vindt men meren op groote

Het meer van Kioek-Kjol in Tibet.

hoogten: de bovenstaande afbeelding is genomen naar het werk van de broeders SCHLAGINTWEIT, en stelt het meer Kioek-Kjol in Tibet voor.

In den omtrek van het meer in Utah, welks water, gelijk wij boven zagen, zout is, hebben de Mormonen de „Stad der heiligen" gebouwd. Zij ligt op den rechter oever van de rivier de Jordaan, die in deze Doode zee van het verre

westen valt. Kapt. Burton, die zich in dit zoutmeer gebaad heeft, zegt dat zijn haar, toen hij er uit kwam, als met rijp, en zijne huid met eene laag zout bedekt was. Dit zoutmeer ligt op 1260 meter boven den oceaan.

In Nieuw Zeeland vindt men een meer van kokend water, *Roto-Mahana* geheeten, waaruit onophoudelijk waterdamp opstijgt. Dit heete water ontspringt uit onderscheidene bronnen, waarvan de voornaamste 35 meter boven het meer is. De kom waarin deze bron zich stort, is eirond van gedaante, en heeft 80 meter in omtrek, de randen bestaan uit stalagmieten of kalkafzetsels van eene

Het meer Roto-Mahana in Nieuw-Zeeland.

schitterend witte kleur. Rondom deze kom vindt men de andere bronnen die de groote kom voedden. Ferdinand Hochstetter, die als geoloog de weten-

schappelijke reis met het oostenrijksche fregat Novara heeft mede gedaan, heeft eenigen tijd doorgebracht op een eilandje midden in dit meer. Onophoudelijk hoort men hier het geborrel van de heete vloeistof, en ook de bodem heeft een zeer hooge temperatuur. Als men een stok in het vulkanische zand steekt, stijgen er heete waterdampen uit op. Op eenigen afstand van dit meer vindt men kleine kommen, gevuld met een helder, blauw, lauw water, die men natuurlijke badkuipen mag noemen.

En hiermede nemen wij afscheid van het water der aarde, om nu tot eene korte beschouwing van de lucht der aarde over te gaan.

# HOOFDSTUK II.

## DE LUCHT DER AARDE.

### *a.* DE AARD EN DE SAMENSTELLING VAN DE DAMPKRINGSLUCHT.

In de voorgaande hoofdstukken hebben wij onze aandacht gevestigd op het land der aarde en het water der aarde, op de bergen, hoogvlakten en lage vlakten van het eene, op de rivieren, meren en zeeën van het andere, wij moeten nu overgaan tot eene beschouwing van de lucht der aarde, het luchtomhulsel, de atmosfeer — van de grieksche woorden *atmos*, damp, en *sphaira*, een bol — die de geheele aarde overal omringt. Wij moeten nu antwoord zien te krijgen op vragen zooals de volgenden: Hoe is de aard en de samenstelling van dat luchtomhulsel; wat is zijne vatbaarheid voor warmte en vochtigheid; welke bewegingen kan het als een veerkrachtige vloeistof ondergaan; in 't algemeen gesproken, hoe is de toestand van de lucht als de groote oorzaak van hetgeen wij het klimaat noemen; dat is, wat zijn hitte, koude, wind, regen en andere verschijnselen, waarvan het leven op aarde zoo onmiddellijk afhangt. Het is waar, dat alles behoort zeker bijzonder tot de wetenschap die men gewoon is meteorologie te noemen, maar als een integreerend bestanddeel van den aardbol, en invloed oefenende op alle dingen, organischen en anorganischen, die op zijne oppervlakte voorkomen, mag eene beschouwing van de atmosfeer en hare voornaamste verschijnselen zeker niet ontbreken in een boek dat Op en in de aarde heet.

De lucht omringt den aardbol overal, en neemt deel in al zijne bewegingen en omwentelingen. De lucht is een gasvormige vloeistof, niet een bijzonder gas, maar een mengsel van verschillende gassen, namelijk van stikstofgas, zuurstofgas, koolzuurgas, en water in damptoestand. Het gehalte aan water is veranderlijk, en kan dus geheel afgescheiden van de onveranderlijke bestanddeelen der lucht beschouwd worden. Het gehalte aan koolzuurgas

schappelijke reis met het oostenrijksche fregat Novara heeft mede gedaan, heeft eenigen tijd doorgebracht op een eilandje midden in dit meer. Onophoudelijk hoort men hier het geborrel van de heete vloeistof, en ook de bodem heeft een zeer hooge temperatuur. Als men een stok in het vulkanische zand steekt, stijgen er heete waterdampen uit op. Op eenigen afstand van dit meer vindt men kleine kommen, gevuld met een helder, blauw, lauw water, die men natuurlijke badkuipen mag noemen.

En hiermede nemen wij afscheid van het water der aarde, om nu tot eene korte beschouwing van de lucht der aarde over te gaan.

# HOOFDSTUK II.

## DE LUCHT DER AARDE.

### *a.* DE AARD EN DE SAMENSTELLING VAN DE DAMPKRINGSLUCHT.

In de voorgaande hoofdstukken hebben wij onze aandacht gevestigd op het land der aarde en het water der aarde, op de bergen, hoogvlakten en lage vlakten van het eene, op de rivieren, meren en zeeën van het andere, wij moeten nu overgaan tot eene beschouwing van de l u c h t d e r a a r d e, het luchtomhulsel, de atmosfeer — van de grieksche woorden *atmos*, damp, en *sphaira*, een bol — die de geheele aarde overal omringt. Wij moeten nu antwoord zien te krijgen op vragen zooals de volgenden: Hoe is de aard en de samenstelling van dat luchtomhulsel; wat is zijne vatbaarheid voor warmte en vochtigheid; welke bewegingen kan het als een veerkrachtige vloeistof ondergaan; in 't algemeen gesproken, hoe is de toestand van de lucht als de groote oorzaak van hetgeen wij het klimaat noemen; dat is, wat zijn hitte, koude, wind, regen en andere verschijnselen, waarvan het leven op aarde zoo onmiddellijk afhangt. Het is waar, dat alles behoort zeker bijzonder tot de wetenschap die men gewoon is m e t e o r o l o g i e te noemen, maar als een integreerend bestanddeel van den aardbol, en invloed oefenende op alle dingen, organischen en anorganischen, die op zijne oppervlakte voorkomen, mag eene beschouwing van de atmosfeer en hare voornaamste verschijnselen zeker niet ontbreken in een boek dat O p e n i n d e a a r d e heet.

De lucht omringt den aardbol overal, en neemt deel in al zijne bewegingen en omwentelingen. De lucht is een gasvormige vloeistof, niet een bijzonder gas, maar een mengsel van verschillende gassen, namelijk van s t i k s t o f g a s, z u u r s t o f g a s, k o o l z u u r g a s, en w a t e r in damptoestand. Het gehalte aan w a t e r is veranderlijk, en kan dus geheel afgescheiden van de onveranderlijke bestanddeelen der lucht beschouwd worden. Het gehalte aan k o o l z u u r g a s

is zoo gering, dat het nauwelijks het 00,006ste gedeelte der geheele lucht zal bedragen. Die geringe hoeveelheid is slechts door de nauwkeurigste proefnemingen te bepalen, en zij kan ook wel eene afwisselende zijn, wijl dit gas onophoudelijk door de planten verbruikt, en door de ademhaling der dieren voortgebracht wordt. Men begaat dus geen zeer grooten misslag wanneer men zegt, dat de lucht bestaat, in ronde getallen, uit 79 deelen stikstof en 21 deelen zuurstof: of naar het gewicht uit 77 deelen stikstof en 23 deelen zuurstof.

De dieren verbruiken door de ademhaling wel voortdurend zuurstofgas, om met behulp daarvan koolzuur voort te brengen, terwijl de planten uit het door haar opgenomene koolzuur weder zuurstofgas afgescheiden en aan de lucht terug geven, maar dat alles kan de bovengemelde verhouding dier gassen tot elkander niet noemenswaardig veranderen. Slechts voor een korten tijd en in kleine ruimten is zulk eene wijziging merkbaar. De groote hoeveelheid zuurstofgas, die door de menschen ter ademhaling verbruikt wordt, is zoo gering in betrekking tot het zuurstofgehalte der geheele lucht, dat, volgens eene berekening van POGGENDORF, alle menschen gezamelijk binnen 10,000 jaren slechts een duizendste gedeelte verbruiken. Echter vordert het evenwicht in de natuur dat ook zulk een gering gedeelte zuurstof niet onvergoed blijft, en dat het koolzuurgehalte dus niet te groot wordt. Want zulk eene verandering zou in staat zijn om alle menschen en dieren te dooden! Wordt er op zekere plaats meer zuurstof verbruikt en meer koolzuur voortgebracht dan ergens elders, dan herstelt zich toch steeds terstond het evenwicht, door het toestroomen van zuurstof uit de geheele overige luchtzee, en door de verdeeling van het koolzuur daarin.

Bovendien vindt men in de lucht nog eenige andere stoffen, hetzij gasvormigen, hetzij vasten, welker hoeveelheid echter onmerkbaar gering is, of die slechts plaatselijk en tijdelijk voorkomen. Tot de eersten behooren waterstofgas en verscheidene koolwaterstofgassen; tot de laatsten keukenzout en andere stoffen, die in het zeewater zijn bevat en daarmede verdampen, hoewel slechts als sporen merkbaar; en ook salpeterzuur, vooral gedurende onweders. De verschillende stofdeeltjes en uitwasemingen van planten en dieren moeten hier ook genoemd worden. Stofdeeltjes van verschillende vaste lichamen zweven steeds in eene groote menigte in de benedenste luchtlagen, en worden daaruit slechts voorbijgaand, door aanhoudende regenbuien, plaatselijk verwijderd.

Wij mogen dus naar waarheid zeggen, dat de lucht uit gasvormige stoffen bestaat. De lucht die de oppervlakte van ons lichaam drukt, heeft, volgens hetgeen de kwikkolom in den barometer ons leert, doch dat zeker niet noodig is hier uitvoerig te verklaren, zwaarte. Hoe groot is die zwaarte, en dus hoe groot is de drukking, die de lucht op ons lichaam oefent? Zij is even groot als die van een kolom kwik van omstreeks 70 centimeter hoogte. Neemt men echter in plaats van kwik het bijna 14 maal lichtere water, dan blijkt het dat een kolom van die vloeistof. die in evenwicht staat met de luchtkolom, bijna 14 maal 70 centimeter, namelijk ongeveer 10 meter hoog moet zijn. De lucht die op de oppervlakte van ons lichaam drukt, heeft dus het zelfde gewicht als eene op eene

even groote oppervlakte drukkende kwikmassa van 70 centimeter hoog, of als eene 10 meter hoog staande watermassa, en dat gewicht bedraagt, indien men de oppervlakte van het lichaam van een volwassen man op 4 vierkante meter stelt, niet minder dan ruim 34,000 kilogram!

Uit dit alles volgt dus dat op de oppervlakte van den geheelen aardbol de lucht met het zelfde gewicht drukt, welke eene dien bol omhullende laag kwik van 70 centimeter hoog, of eene algemeene zee van 10 meter diepte zoude bezitten.

Het zou kunnen zijn dat iemand, het bovenstaande lezende, dacht: „ik voel toch niets van dat gewicht van 34,000 kilogram, dat op mijn lichaam zou rusten!" 't Spreekt ook van zelf dat wij dat gewicht niet voelen, want evenmin als een visch in het water de zwaarte van het water gewaar wordt, krijgen wij eene gewaarwording van het gewicht der lucht, die van alle kanten op ons lichaam drukt, want ons leven en ons bewustzijn zijn onder die omstandigheid ontwaakt, en wij kennen door ondervinding geen anderen toestand. Het geringste gewicht, hetwelk wij bij het gewicht der lucht voegen, door in plaats van de lucht een dichter lichaam op ons te laten rusten, worden wij terstond gewaar: slechts het gewicht der lucht, hetwelk tot de voorwaarden onzer natuur behoort, ontwaren wij niet. Daarentegen bespeuren wij het zeer goed, wanneer er een gedeelte van dat gewicht wordt weg genomen. Zoo krijgen wij, bij voorbeeld bij het beklimmen van een hoogen berg, waarbij de hoogte van de luchtkolom die op ons rust, merkelijk verminderd wordt, terstond een gevoel van onwelzijn, hetwelk daardoor ontstaat dat ons lichaam zich niet meer onder de gewone en gepaste drukking bevindt, eene drukking die het als 't ware samenhoudt. Op zeer groote hoogten, bij voorbeeld bij het opstijgen in een luchtballon, heeft men gezien dat het bloed uit neus, ooren en oogen te voorschijn kwam. De mensch heeft, om te leven, de drukking van de lucht op zijn lichaam noodig.

De lucht bestaat uit gassen, zeiden wij boven. Gassen nu, 't is algemeen bekend, zetten zich uit door de warmte, en trekken zich samen door de koude, en bovendien kunnen zij in hooge mate samengedrukt worden. Door dat samendrukken worden zij natuurlijk veel dichter. De lagere, onmiddellijk op den aardbol rustende luchtlagen zijn, daar de geheele hoogte der lucht er op drukt, en haar dus samenperst, in een verdichten toestand. Die dichtheid der lucht wordt natuurlijk al minder en minder, hoe hooger men komt; zij neemt dus van den zeespiegel, tot waar zij zoo ijl wordt dat zij niet meer waar te nemen is, onafgebroken in dichtheid af. Op eene hoogte van 1 mijl boven den zeespiegel — boven welke nog menige bergtop oprijst — bedraagt de dichtheid der lucht slechts nog 0,39ste gedeelten van die bovengenoemde op den zeespiegel rustende, dichte luchtlagen; op eene hoogte van 2 mijl nog slechts 0,15; op 5 mijl 0,009, en op 10 mijl 0.00009. Reeds op een hoogte van 8 mijl is de lucht zoo verdund, dat is in zoo kleine hoeveelheid in zekere ruimte aanwezig, als in de best mogelijk leeggepompte klok eener luchtpomp. Indien er eene mijn liep naar het middenpunt der aarde, dan moest de lucht daarin, reeds vóór dat men

eene diepte van 5 mijl bereikt had, de dichtheid van water, en reeds vóór 10 mijl die van kwik verkrijgen. Uit al het bovengezegde volgt dus dat hoe korter de luchtkolom is die op een lichaam drukt, dat is dus hoe hooger zeker punt zich boven den waterspiegel van de zee bevindt, des te geringer dus ook de luchtdrukking op dat punt moet zijn.

Het volgende lijstje geeft de luchtdrukking aan op het kwik van den barometer, op 15 punten der aarde, en tevens de hoogte van die punten boven den waterspiegel.

De barometer staat:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 70 | centim. | op den waterspiegel der zee, dus | 0 | meter. |
| 68 | „ | in de stad Annaberg, | 290 | „ |
| 65 | „ | in de stad Marienberg, | 600 | „ |
| 63 | „ | op den Ochsenkopf, in het Erzgebergte, | 930 | „ |
| 61 | „ | op den Brocken, | 1260 | „ |
| 57 | „ | op de Schneekoppe, | 1610 | „ |
| 54 | „ | op den Grimsel, | 1980 | „ |
| 52 | „ | in Mexico, | 2350 | „ |
| 50 | „ | in het klooster St. Bernard, | 2750 | „ |
| 47 | „ | op den Watzmann, | 3170 | „ |
| 45 | „ | op den Etna, | 3620 | „ |
| 42 | „ | op de Jungfrau, | 4090 | „ |
| 40 | „ | op den Finsteraarhorn, | 4580 | „ |
| 37 | „ | op den Montblanc, | 4810 | „ |
| 35 | „ | op den Ararat, | 5680 | „ |

Uit deze lijst blijkt dat het toenemen in hoogte boven den waterspiegel niet in verhouding staat tot het afnemen van de luchtdrukking; want om 2 centimeter luchtdrukking minder te hebben, behoeven wij slechts 290 meter te stijgen, om 5 centimeter minder niet nog eenmaal zooveel, maar 310 meter, om 8 centimeter 320 meter enz. Dit is een uitwerksel van het in de hoogte steeds dunner en lichter worden der lucht.

Daar de warmte de lucht uitzet en dus lichter maakt, geeft een barometer natuurlijk de hoogte van een berg verschillend aan, wanneer men de meting bij warm of bij koud weder doet, want voor elken graad van den thermometer van Réaumur zet zich de kwikkolom van den barometer $\frac{1}{6937}$ van hare lengte uit. Om overeenstemming in die barometermetingen te brengen, heeft men reductietafels ontworpen, waarop elke gevonden barometerstand, van elke hoogte, op $0^\circ$ R. berekend is. Ook de 15 bovenstaande opgaven zijn aldus berekend.

Het verschil in de zwaarte van de lucht en dus van de luchtdrukking, hangt gedeeltelijk ook nog van de vele bijmengselen af, die zich in ongelijke en afwisselende hoeveelheden daarin bevinden, ofschoon die bijmengselen slechts tot de benedenste lagen der lucht zijn bepaald. Zij bestaan voornamelijk uit gasvormige stoffen, zooals wij boven reeds gezegd hebben, ofschoon ook druipend

vloeibaar water in de fijnste verdeeling, en kleine hoeveelheden stofachtige lichamen daarin ronddrijven. Behalve van twee is de hoeveelheid van die met de lucht vermengde stoffen meestal zoo gering, dat zij niet wel door haar gewicht, maar slechts door hare scheikundige werkingen daarin te bespeuren zijn.

Over het koolzuur spraken wij boven wel reeds met een enkel woord, maar de aanwezigheid van koolzuur in de lucht is zoo belangrijk voor het leven van de natuur, dat er nog een paar woorden over gezegd moeten worden, voordat wij het waterdampgehalte der lucht behandelen. Waarnemingen hebben geleerd dat de lucht boven groote watervlakten, die het koolzuur uit de lucht opzuigen, minder, en boven de volle zee bijna in 't geheel geen koolzuur bezit. Daarentegen is het koolzuurgehalte op groote hoogten nauwelijks minder dan aan de oppervlakte der aarde, hoewel het koolzuur zwaarder dan gewone lucht is, en het zich daardoor (als het zich bij den grond ontwikkelt) als eene onzichtbare luchtlaag onder in den dampkring uitspreidt.

Het koolzuur ontstaat onophoudelijk in groote hoeveelheid op de aarde, voornamelijk door bemiddeling van de organische lichamen. Bij de verbranding wordt de koolstof der brandstof door de zuurstof tot koolzuur geoxydeerd, hetwelk in de lucht ontwijkt. Dit zelfde geschiedt in rottende lichamen. Voor de ingeademde dampkringslucht ademen menschen en dieren koolzuur uit. Bij die onophoudelijk vloeiende koolzuurbronnen moet men nog rekenen: vulkanische uitwasemingen, koolzuurhoudende bronnen, en zuiver koolzuur uitdampende spleten van vulkanische gronden, gelijk bij voorbeeld de bekende hondsgrot bij Napels.

Het is bekend dat koolzuur voor de ademhaling niet geschikt is, maar in de longen gebracht den dood veroorzaakt, terwijl het met dranken vermengd, daaraan eene verfrisschende eigenschap geeft. Zeker zou het koolzuur, door zich in de lucht te verzamelen, en wel ten gevolge van zijne zwaarte in de benedenste lagen zwevende, langzamerhand de ademhaling en aldus het leven van menschen en dieren onmogelijk maken. Maar het koolzuur wordt bijna even schielijk en onafgebroken weder uit de lucht verwijderd, als het er in verspreid wordt. Gedeeltelijk geschiedt dit door den regen en andere waterige luchtverschijnselen, daar het regenwater, vooral wat het eerst na eene langdurige droogte valt, altijd koolzuur bevat. Maar vooral geschiedt die wegvoering van koolzuur door het leven der planten, die hare groote behoefte aan koolstof vervullen door het koolzuur, dat zij gedurende den dag onafgebroken opnemen, en daarvoor zuivere zuurstof uitwasemen; terwijl zij bij nacht, of zelfs door afwering van het daglicht, zuurstof opnemen, en koolzuur uitwasemen.

Terwijl de waarnemingen der geologen schijnen te bewijzen dat in vroegere tijdperken der schepping de atmosfeer rijker aan koolzuur geweest is dan thans, schijnt daarentegen tegenwoordig voortbrenging en verbruik, de eerste door de ademhaling der dieren, de verbranding, enz., het laatste door het plantenrijk, met elkander in evenwicht te staan, en het koolzuur dus een kringloop in de lucht te maken.

De **waterdamp** in de lucht — de kleine dampblaasjes die in de lucht zweven, en die afkomstig zijn uit het water van de aardoppervlakte, daaruit gelokt door de warmte van de zon — de waterdamp is onzichtbaar in de lucht verdeeld. De vochtigheid van de lucht neemt met de hoogte af, dat is hoe hooger in de lucht, des te drooger is het. Onzichtbaar is de waterdamp in de lucht, en dat zou hij zeker altijd zijn, als er geen oorzaken waren waardoor hij nu en dan voor ons zichtbaar werd. Immers, de lucht is ook tevens de middenstof waardoor de warmte van de zon naar en van de aarde gevoerd wordt. De onderste en dichtste luchtlagen nemen de grootste hoeveelheid warmte op, en zijn dus noodzakelijk de warmsten. Vandaar neemt als een algemeene regel de temperatuur af, naarmate wij hooger boven de oppervlakte komen, ofschoon niet geregeld, gelijk de opstijgingen met een luchtballon door Glaisher gedaan, ons geleerd hebben. De lucht zet zich uit door de warmte, en trekt zich samen door de koude, het warmere en lichtere gedeelte klimt naar boven, en het koudere zakt naar beneden, om de ledige ruimten te vullen. Zoodoende ontstaan er luchtstroomen of **winden** in de atmosfeer. Door zulke koude luchtstroomen worden de waterdampen die eerst onzichtbaar waren, zichtbaar, en zoodoende ontstaan er mist, wolken, regen, sneeuw, en andere dergelijke verschijnselen. Bij groote warmte kan de lucht meer waterdamp opnemen dan bij geringe; daardoor is zij in den zomer rijker aan water dan in den winter, bij dag rijker dan bij nacht, bij den evenaar rijker dan aan de polen, in de dalen rijker dan op de toppen der bergen. Bij + 25° R. kan de lucht nagenoeg het dubbele van haar volumen waterdamp opnemen, maar bij 0° R. slechts 30 ten honderd. Doch op dit alles komen wij straks uitvoerig terug.

Gelijk de atmosfeer de middenstof is waardoor de warmte der zon over de aarde verspreid wordt, is zij ook het middel waardoor het **licht** der zon tot de aarde komt. Warmte en licht zijn beiden even onmisbaar voor het leven van de planten als voor dat van de dieren, en ten gevolge van de bijzondere samenstelling van de atmosfeer, wat hare afwisselende dichtheid, vochtigheid enz. betreft, worden beiden zoo teruggekaatst en zoo verspreid, dat het leven van dieren en planten daardoor zich kan ontwikkelen en bestaan blijven.

Ja, wonderbaar is de keten van oorzaken en gevolgen, van overeenkomsten en harmoniën in het wereldgebouw. Als onze aardbol een effene eenvormige landoppervlakte of wel een effene, eenvormige wateroppervlakte aan de zonnestralen aanbood, zouden de ruilingen van warmte en vochtigheid tusschen de koude en warme, de drooge en de vochtige streken van de atmosfeer, zonder twijfel geregeld en aanhoudend en overal gelijk zijn. Maar de oppervlakte der aarde is samengesteld uit land en water in ongelijke verhoudingen, en het land ligt niet slechts in ongeregelde massa's, maar vertoont ook eene onregelmatige oppervlakte, hoogten en laagten; de bewegingen in den dampkring zijn zoo onstandvastig en zoo samengesteld, de wind en de regen, de warmte en de koude zijn zoo veranderlijk, dat de meteorologie tot heden nog weinig meer is dan een verzameling van feiten en gissingen, en in 't geheel nog niet eene wetenschap,

die op bepaalde en wel bekende wetten steunt. Doch al is onze kennis van al die genoemde verschijnselen nog zeer gering, wij willen toch een blik werpen op de atmosfeer wat hare warmte, vochtigheid en bewegingen betreft, als samen vormende wat men gewoon is het klimaat te noemen, of, als ik het zoo mag uitdrukken, de weerstoestanden van de onderscheidene streken der aarde. Doch vooraf nog eenige opmerkingen over hetgeen wij in dit hoofdstuk reeds even aangestipt hebben.

Wij hebben reeds gezien dat de atmosfeer een bolvormige schil is, die den aardbol omringt. De dikte van die luchtschil is ons volkomen onbekend: slechts dit weten wij dat de lucht hoe hooger hoe dunner wordt, omdat zij hoe hooger hoe meer ontheven wordt van de drukking, die hare eigene lagen op haar uitoefenen. De lucht omringt ons aan alle kanten, en echter zien wij haar niet; zij drukt op ons met een gewicht van zeven kilogram op elken vierkanten centimeter oppervlakte van ons lichaam, of met een gewicht van meer dan 34,000 kilogram in 't geheel, en toch voelen wij haar niet. Zachter dan het fijnste dons, ontastbaarder dan het fijnste poeder, verbreekt zij het webbe van de spin niet, drukt het fijnste zaadpluisje niet naar beneden, en doet zelfs het donsveertje van den uil dat op den rand van het torenraam ligt, niet naar beneden vallen: dat alles kan een kinderhandje wel doen, ja zelfs de adem van een kind, maar de lucht doet het niet; en echter stuwt zij groote schepen rondom de wereld, en maakt de hardste stoffen tot poeder, door haar gewicht.

Als de lucht in beweging is, is hare kracht groot genoeg om de statigste en stevigste gebouwen der menschen weg te nemen van de aarde, om het water van den oceaan op te stapelen tot muren en bergen, en de sterkste schepen te verbrijzelen, gelijk een kind zijn speelgoed. Beurtelings maakt zij de aarde en de levende schepselen die er op zijn, warm en koud. Zij trekt dampen op uit zee en land, houdt die vast, opgelost in zich zelve of opgeborgen in wolkenkelders, en laat hen neer vallen als regen of dauw, als sneeuw of hagel, waar het noodig is. Zij buigt de stralen van de zon, en geeft ons zoodoende den gouden dageraad en de schemering van den avond; zij breekt en kaatst de verschillende kleuren van het licht terug, en vervroolijkt zóó de komst en het heengaan van den dag. Als er geen dampkring was, zou de gloed der zon ons in een oogenblik bestralen, hij zou op ons vallen als een lichtbui — in een oogwenk zouden wij verplaatst worden uit het middernachtsdonker midden in het heldere van den middag. Wij zouden geen schemering hebben om het landschap schooner te maken, geen wolken om ons voor de zonnestralen te beschutten, de aarde zou uitdroogen en verschroeid worden, door de hitte van het middenpunt van ons zonnestelsel.

De atmosfeer levert ons het gas dat aan onze lichamen leven en warmte geeft, en neemt de stoffen op die door ons verbruikt zijn, en nutteloos of schadelijk geworden, en voert die weg. Zij voedt daardoor de vlam des levens, juist zooals zij de vlam van het vuur voedt, door dat zelfde gas. In beide gevallen wordt dat gas verbruikt, in beide gevallen levert het, verbonden met kool, die het noo-

dig heeft ter verbranding. Het koolzuur, waarmede het door onze ademhaling de lucht vervult, gaat morgen reeds eene reis om de wereld doen. De dadelboom die aan de watervallen van den Nijl groeit, zal het opnemen door zijne bladeren; de ceders van den Libanon zullen het opnemen, en maken er hout van; de kokosnoten van Tahiti zullen er sneller door groeien; en de camellia's van Japan zullen het veranderen in prachtige bloemen. De zuurstof die wij inademen, werd misschien voor eenigen tijd voor ons uitgeademd door de magnolia's van den Susquehanna, in de groote bosschen die de oevers van den Orinoco en de Amazone bedekken; de rhododendrons van den Himalaya droegen er toe bij; en de rozen en mirten van Kashmere, de kaneelboom van Ceylon en de *melatti's* van Java waren de welriekende bronnen waaruit het voortgekomen is. De regen, die wij zien nederdalen, werd uitgewasemd door de ijsbergen en het bergijs aan de pool, of zij kwam uit de sneeuwvelden van de Alpen; of de lotusplanten van den Nijl hebben hem opgezogen uit de rivier, en als waterdamp gebracht in de lucht, die overal is en altijd.

Nu gaan wij over tot eene beschouwing van het klimaat; nu willen wij zien wat de warmte en de vochtigheid der lucht op onze aarde doen.

## *b.* DE WARMTE EN DE VOCHTIGHEID VAN DE LUCHT.

De warmte van de atmosfeer der aarde is volkomen afhankelijk van de warmte der zon: de warmte die de aarde door de maan krijgt, en de warmte die er in de gesteenten van de aardkorst ontwikkeld wordt, zijn beiden veel te gering om eenigen merkbaren invloed op de warmte van het luchtomhulsel der aarde te hebben. De warmte is in de verschillende luchtlagen der aarde zeer ongelijk. In de bovenste, zeer ijle luchtmassa's kan slechts een geringe warmte verwekt worden. De lagere, dichtere luchtmassa's daarentegen worden dagelijks ongeveer zoo warm als de zee, waarop zij rusten. Van den zeespiegel neemt de warmte naar boven toe al meer en meer af. Die afneming staat evenwel niet eenvoudig in verhouding tot de afneming van de dichtheid der lucht; hoewel men in het algemeen kan zeggen, dat de lucht des te kouder wordt hoe hooger men stijgt. Maar die verhouding kan niet op alle hoogten de zelfde zijn. Ook wordt de warmte veelvuldig op de aarde met hare hoogten en laagten gewijzigd.

De warmte der luchtmassa's die aan den bodem grenzen, wordt verhoogd door de mededeeling van een gedeelte der warmte, die in de dichtere massa's zelven wordt verwekt. Gelijk bekend is, maakt warm water en ook een warme steen de lucht, waarmede zij in aanraking komen, warmer. Daar de zee niet zeer warm wordt, is ook de van haar uitgaande verhooging van de warmte der lucht slechts gering, en als de aardbol geheel met water bedekt was, zou de lucht in geene streek der aarde zoo warm kunnen worden, als zij nu in werkelijkheid wordt. De zich zoo sterk verwarmende aardbodem verhit als een oven de lucht, die hem aanraakt. Wijl de werking der warmte met de nabijheid der zon toeneemt, behoeft het ons niet te verwonderen als wij daar, waar anders de lucht

zeer koel is, bij voorbeeld op de toppen van hooge bergen, in den zonneschijn eene warmte ondervinden, die de huid van den wandelaar verbrandt, en het lichaam dat door de verdunde lucht is afgemat, met kwalen en ziekten dreigt.

De warmte moet, op elke plaats van den aardbodem, haar hoogste punt bereiken op den tijd waarop het dáár middag is. Van het opgaan der zon tot den middag stijgt de warmte van uur tot uur, en neemt dan tot het ondergaan der zon weder af. Was dit nu alles wat er gebeurde, dan zou de warmte der lucht elken dag van den morgen tot den middag stijgen, en van den middag tot den avond weder dalen. Maar de mededeeling van de warmte, die in den bodem en in het water is verwekt, wat niet zonder eenig tijdverlies geschiedt, bewerkt eene vertraging in den gang der warmteveranderingen, en maakt dus dat de hoogste warmte eerst twee uren na den middag bespeurd wordt. In den avond duurt, na het ondergaan der zon, de afkoeling voort, en zij bereikt hare grootste hoogte eerst tegen den morgen, zoodat derhalve de warmtewerking na het opgaan der zon een vrij langen tijd moet aanhouden, voordat de warmte van het uur, waarop de zon ondergaat, weder bereikt wordt. Daarin komen nu wel eene menigte storingen voor, door koude luchtstroomen van andere plaatsen komende, door wolken die den hemel bedekken, en dergelijken. Nu eens is de morgen, dan weder de avond warmer dan de middag. Op een kouden dag kan, als het weêr verandert, een warme nacht volgen. Maar neemt men de warmte van uur tot uur gedurende een geheel jaar lang waar, en zoekt men dan uit die 365 waarnemingen voor elk uur de gemiddelde waarde, dan volgt daaruit, welk jaar men ook nemen mag, voor de zelfde plaats bijna volkomen het zelfde verloop. En nog nauwkeuriger wordt de uitkomst indien men verscheidene jaren bijeen telt.

Elk uur van den dag heeft eene bijzondere warmtewaarde. Neem de warmte waar van uur tot uur; zoek de som van de getallen, en deel die door 24, dat is door het getal der uren, dan krijgt gij de som der warmte welke in die 24 uren geheerscht heeft, of liever geheerscht moest hebben, indien de zelfde hoeveelheid warmte, die ongelijk over de warme en koudere uren verdeeld was, over den geheelen dag gelijk verdeeld was geweest. Neemt men de 12 uren van den dag en de 12 uren van den nacht bijeen, dan krijgt men, die door 12 deelende, de gemiddelde waarden van de dag- en van de nachtwarmte.

Ook kan in zekere streek de warmte op de verschillende dagen van het jaar zeer verschillen. Dit is aan iedereen bij ondervinding genoeg bekend, want iedereen herinnert zich dat in den winter de warmte zelden dien graad bereikt, bij welken wij in den zomer reeds over koude klagen, terwijl er dan meestal bovendien een nog veel grooter gebrek aan warmte, eene verstijvende vorst, heerscht. Maar iedereen weet ook dat de warmte van den winter tot den zomer langzamerhand meer en meer toe-, en van den zomer tot den winter meer en meer afneemt. Wel is in den eersten overgang niet zelden een latere dag weder minder warm dan een vroegere, maar men is algemeen gewoon om die afbrekingen

8*

van het toenemen der warmte in de lente, en de tegenovergestelde afbrekingen van het afnemen der warmte in den herfst, als uitzonderingen op den regel te beschouwen. Ook verdwijnen zij volkomen, zoodra men niet de afzonderlijke dagen maar de gemiddelde waarden van geheele reeksen dagen met elkander vergelijkt. Telt men de waargenomene warmtegraden van alle dagen eener maand bijeen, en deelt men de som door het getal van de dagen der maand, dan verkrijgt men de gemiddelde waarde van de dagwarmte voor elke maand; de zoo verkregene 12 getallen geven eene getrouwe voorstelling van den gang der warmte gedurende een jaar.

Gelijk algemeen bekend is, oefenen de zonnestralen den grootsten invloed binnen de keerkringen, waar zij loodrecht of ten minste bijna loodrecht op de oppervlakte der aarde vallen, en eveneens is het ook bekend dat die invloed langzamerhand minder wordt, als wij van de keerkringen door de gematigde zonen heen naar de polen gaan. Met andere woorden, hoe rechtstandiger de zonnestralen op de aarde vallen, des te grooter, en hoe schuinser zij vallen, des te geringer is hun verwarmende invloed. Dat dit zoo is, voelen wij elken zomerdag als de zon op den middag op onze hoofden brandt, terwijl het tegen den avond koeler wordt, omdat hare stralen dan schuins nedervallen, wat wij duidelijk uit het langer worden van de schaduw zien.

De warmte die van de zon op de aarde komt, wordt gedeeltelijk door de aarde opgeslorpt, en gedeeltelijk verspreidt zij zich in de atmosfeer. Daardoor zijn de onderste luchtlagen warmer dan de hoogeren, zooals wij boven reeds even aangetoond hebben. De mate waarin de vermindering van warmte hoe hooger men komt, plaats heeft, hangt af, zooals door de waarnemingen van Glaisher, gedurende zijne opstijgingen met een luchtballon in 1863 gedaan, bewezen is, van zeer verschillende omstandigheden, zooals droogte, vochtigheid, winden enz. Gemiddeld evenwel mag men aannemen dat die afneming der temperatuur gelijk is aan 1° Fahr. voor elke 100 of 120 meter hoogte. De genoemde natuuronderzoeker zegt onder anderen over dat afnemen van de warmte met de hoogte, het volgende: „De uitkomsten van mijne verschillende opstijgingen waren dat, als de lucht helder was, er eene afneming of vermindering van 1° plaats had op 30 meter boven de aarde, terwijl er op eene hoogte van 10,000 meter een afstand van 300 meter afgelegd moest worden, om eene vermindering van 1° temperatuur te verkrijgen. Tusschen de beide grenzen was er eene trapsgewijs toenemende ruimte noodig, om eene temperatuursverlaging van 1° te verkrijgen. De opstijgingen, waardoor ik in staat gesteld ben geweest om de bovengemelde waarnemingen te doen, heb ik in de maanden Juli, Augustus en September 1862 gedaan. Het was echter van het hoogste belang om zulke waarnemingen ook in de andere maanden van het jaar te doen, en de *British Association* stond op hare *meeting* te Cambridge eene som van 200 pond sterling toe, om verdere waarnemingen gedurende de lentemaanden te doen, en wel vooral als het mogelijk was bij oostewind. De eerste van deze opstijgingen gebeurde in Maart 1863 uit den tuin van het Glazen Paleis. De ballon verliet de aarde te 4 uur 16 mi-

nuten na den middag, terwijl de temperatuur der lucht 50° was. Te 4 uur 25 minuten waren wij een mijl hoog, met een temperatuur van 33½°; de tweede mijl hoogte werd bereikt te 4 uur 35 minuten, met een temperatuur van 26°; de derde mijl te 4 uur 44 minuten, met eene temperatuur van 14°; en op eene hoogte van 3¾ mijl was de temperatuur 8°. Toen ontmoetten wij eene warme wind, en de temperatuur rees tot 12°: het was toen 4 uur 58 minuten. Om 5 uur 2 minuten gingen wij door dien warmen luchtstroom heen, en kwamen er uit, en toen wij 4½ mijl hooger waren, was de temperatuur precies 0° op de schaal van Fahrenheit. Onder het dalen rees de temperatuur tot op 11° op ongeveer drie mijl hoogte, te 5 uur 38 minuten; toen ontmoetten wij eene koude luchtstroom, en de temperatuur daalde daardoor tot 7°. Weldra waren wij door deze koude luchtlaag heen, en de temperatuur rees tot 18½° op twee mijl hoogte, tot 25½° op een mijl, en tot 42° op den grond, die te 6 uur 30 minuten bereikt werd. De lucht was droog toen wij de aarde verlieten, zij werd zeer droog op twee mijl, en op een hoogte van meer dan vier mijl was de temperatuur van het dauwpunt *minus* 40°."

Uit zulke waarnemingen wordt het ons duidelijk, hoe het komt dat de lage vlakten van een landstreek met planten bedekt kunnen zijn, terwijl de bergtoppen van dat zelfde land met een laag van eeuwige sneeuw zijn bedekt.

Het afnemen van de temperatuur met de hoogte, heeft ten gevolge dat de plantengroei zeer verschilt naar mate van de hoogte waarop hij gevonden wordt. Als men een hoogen berg beklimt, ontmoet men achtereenvolgens onderscheidene streken of zonen, waar de planten geheel verschillen van die lager en hooger groeien, even alsof men uit een warme landstreek naar de pool trekt. Op den top van een der zwitsersche Alpen staande, leest men als in het opengeslagen boek der natuur de wetten en regelen die de wetenschap gevonden heeft, betreffende de verspreiding der levende wezens op verschillende aardbreedten. Men onderscheidt dan duidelijk genoeg zes zonen of gordels, de eene boven de andere, allen verschillend van elkander, door de planten die er in groeien.

Onderaan breidt zich de vruchtbare vlakte uit, afgewisseld door meren, doorsneden met rivieren en wegen, bezaaid met bosschen, dorpen en landhoeven, verlevendigd door den mensch en zijne werken. Boven dat groene tapijt verheffen zich, in een schilderachtige wanorde, lachende heuvels, hier kaal en dor, ginds met boomen bedekt. Hooger ontmoet de blik rotsachtige bergkammen, door groepen van donkergroene dennen gekroond. Boven die rotsen ziet men nog wel hellingen met groene weiden bekleed, maar weldra verandert het karakter van het landschap als plotseling: de dood volgt op het leven, het groen maakt plaats voor de grauwe en eentonige tinten van naakte rotsen. Hier ontleent de berg zijne bekoorlijkheid of zijn grootheid aan andere dingen, aan de zonderlinge en woeste vormen der rotsen, waaruit hij bestaat. En hooger nog hullen de Alpen zich in een schitterenden mantel van sneeuw, die slechts hier en daar doorboord wordt door eenige kale punten en pieken, die te steil en te glad zijn dan dat de sneeuw er op liggen kan blijven.

Deze zes streken of gordels hebben, naar het verschil van hun plantengroei, de volgende namen gekregen:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Streek der noteboomen | tot | 800 | meter. |
| 2 | „ „ eikeboomen | van | 800—1300 | „ |
| 3 | „ „ dennen | „ | 1300—1700 | „ |
| 4 | „ „ heesters | „ | 1700—2100 | „ |
| 5 | „ „ grassen | „ | 2100—2700 | „ |
| 6 | „ „ eeuwige sneeuw | boven | 2700 | „ |

De bovenstaande cijfers zijn op de Alpen van toepassing: het spreekt van zelf dat zij op andere plaatsen naar den afstand van den evenaar en de gemiddelde temperatuur van het land verschillen.

Er zijn dus twee groote oorzaken waardoor de oppervlakte-temperatuur van den aardbol gewijzigd wordt, namelijk de afstand van den evenaar en de hoogte boven den waterspiegel der zee, zoodat het op zekere bepaalde aardbreedte volkomen het zelfde is of wij, om eene afneming der warmte te bespeuren, naar de naastbijzijnde pool reizen, of wel een hoogen berg beklimmen. In beide gevallen zullen wij eene trapsgewijze afneming van de temperatuur der lucht bespeuren, in beiden zullen wij een gelijke verandering in het leven van planten en dieren waarnemen, en in beide gevallen zullen wij eindelijk de grens van eeuwig ijs en sneeuw bereiken. In het eene geval, namelijk in het naar boven gaan, is die lijn of grens bekend onder den naam van de sneeuwlijn of sneeuwgrens, de lijn waar de lucht in den zomer de temperatuur van bevroren water heeft. In het andere geval, namelijk in dat van horizontale verplaatsing, is de lijn waarop de grond altijd bevroren blijft, op beide halfronden verschillend, en hangt vooral af van de verschillende verspreiding van het land en het water op beide halfronden.

Hoewel wij straks nog meer over de zoo even genoemde sneeuwlijn zullen spreken, namelijk als wij over het bergijs handelen, moet ik hier toch nog even het volgende mededeelen. De *sneeuwlijn* of *sneeuwgrens* is, wel is waar in vele gevallen gelijk met eene lijn waar de temperatuur altijd gelijk 0° is, maar eigenlijk doet men beter met te zeggen: de sneeuwlijn is de hoogtelijn waarboven de sneeuw niet meer smelt, maar steeds liggen blijft. Men noemt de sneeuw, die boven die lijn den aardbodem bestendig schijnt te bedekken, de *eeuwige sneeuw*, ofschoon niet de sneeuw zelve eeuwig is, maar wel er *altijd sneeuw* aanwezig is. Men kan aannemen dat de warmtehoogtelijn van 0°, de eigenlijke grens der sneeuwlijn, door vele omstandigheden als 't ware verschoven en veranderd wordt. Na de gemiddelde jaarwarmte komt vóór alles in aanmerking de hoeveelheid sneeuw die in eene streek valt, en die zeer groot of zeer klein kan zijn. In het laatste geval moet de sneeuwlijn hooger en in het eerste lager liggen. In zulke streken die eene groote afwisseling van jaarwarmte hebben, blijft de sneeuw eerder liggen dan waar zulks het geval niet is. Indien de sneeuwbuien afwisselen met warme tijden, kan eene zeer groote hoeveelheid sneeuw van een aanhoudend kouden winter zelfs tegen eene groote zomerwarmte bestand

zijn. Zoo behoeft het ons dus niet te verwonderen, dat de sneeuwlijn in het algemeen opstijgt van de grenzen der koude breedten tot het heete klimaat, en daarbij wel is waar veelal de grens tusschen de koude en gematigde hoogteklimaten volgt, maar toch ook tevens vele afwijkingen en uitzonderingen vertoont. Men mag aannemen dat er op de hoogte van den zeespiegel in geene streek der aarde eeuwige sneeuw gevonden wordt, en dat derhalve nergens de sneeuwgrens tot den zeespiegel daalt. De sneeuwgrens ligt:

| | Op de aardbreedte van: | Op de warmte-breedte van: | Op de warmte-hoogte van: | Boven den zeespiegel: |
|---|---|---|---|---|
| Op het eiland Magerö aan de Noordkaap van Europa. . . . | 71° 15′ N.B. | $\frac{2}{10}$° | —3$\frac{3}{10}$° | 750 meter. |
| In het zuiden van Noorwegen. . . . . . | 61° N.B. | 4$\frac{2}{10}$° | —4$\frac{1}{2}$° | 1600 „ |
| Op het Altai-gebergte. | 50° N.B. | 7$\frac{3}{10}$° | —1$\frac{1}{10}$° | 2000 „ |
| Op de Alpen . . . . | 45° 45′ N.B. | 11$\frac{2}{10}$° | —4° | 2780 „ |
| Op de Pyreneeën. . . | 43° N.B. | 15$\frac{7}{10}$° | — $\frac{4}{10}$° | 2800 „ |
| Op den Himalaya (zuiderhelling) . . . . | 31° N.B. | 20$\frac{2}{10}$° | —2° | 4020 „ |
| In Mexico . . . . . | 12° 15′ N.B. | 25° | — $\frac{6}{10}$° | 4700 „ |
| Op de Cordilleras van Quito . . . . . . | 0° N.B. | 27$\frac{7}{10}$° | —1$\frac{4}{10}$° | 4900 „ |
| In de Straat van Magelhaens . . . . . . | 53° 54′ Z.B. | 5$\frac{4}{10}$° | — $\frac{0}{10}$° | 1100 „ |

Doch deze opsomming is deels eene uitgezochte, en geeft voor de genoemde plaatsen de gemiddelde hoogte aan, deels zijn de enkele opgaven zelven slechts gemiddelden, bij voorbeeld die van de Alpen. In de westelijke Alpen (Savoye) daalt de sneeuwlijn tot 2700 meter, en in de oostelijken (Grauwbundtenland) klimt zij zelfs boven 2900 meter. De zuidelijke hellingen der bergen vertoonen de sneeuwlijn gewoonlijk hooger gelegen dan de noordelijken; op de Pyreneeën ligt zij op de noorderhelling op eene hoogte van 2750 meter: op de zuiderhelling daarentegen eerst 3120 meter. Doch op den Himalaya ziet men het tegenovergestelde; hier daalt zij op de zuiderhelling tot 4020 meter, terwijl zij daarentegen op de noorderhelling tot op 5200 meter klimt. Dit ontstaat door dat de noorderhelling zich bevindt boven een drooge, en gedurende een groot gedeelte van het jaar gloeiende hoogvlakte, terwijl de zuiderhelling zich onmiddellijk boven het lage land van den Ganges verheft.

De helling van het land heeft dus een zeer grooten invloed, wat ons vooral door dit voorbeeld van de sneeuwlijn op de noorder- en zuiderhellingen van den Himalaya bewezen wordt. Doch de mate van die helling komt hier minder in aanmerking, als wel de ligging dier helling tegen de zon. Eene helling, naar het zuiden ziende, ontvangt de werking der zon zelfs op hooge breedten, op de zelfde

wijze als de vlakten in de nabijheid van den evenaar, terwijl daarentegen eene tegenovergestelde helling zoo ongunstig mogelijk voor die werking is. Daarom onderscheidt men van eenen berg de zomerhelling van de winterhelling.

En eindelijk nog dit: het zou eene groote dwaling zijn te gelooven, dat de warmte in elke streek met de hoogte moet afnemen. Dit is slechts in het algemeen waar, en wel over hoe langere tijdperken gerekend des te meer. Door afzonderlijke waarnemingen blijkt niet zelden het tegendeel, daar het zeer dikwijls in de hoogte warmer is dan in de laagte. Die uitzonderingen zijn gevolgen, deels van de bewolking, deels van de winden. Een der merkwaardigste uitzonderingen ziet men bijna elken winter in de lage Alpen van het midden van Zwitserland. Dichte nevels bedekken in December en Januari weken lang als een dichte sluier alle dalen, beletten de zonnestralen, en doen daar de onaangenaamste winterkoude ondervinden. Tusschen de met rijp bedekte boomen heengaande, klimt men in de grauwe en koude nevellucht bij de bergen op. Op zekere hoogte ziet men den nevel geel worden; hij wordt van boven verlicht. Zoo geraakt men eindelijk door de nevellaag heen, en ziet plotseling boven zich den helderblauwen hemel, en in den schitterendsten zonneschijn de met sneeuw bedekte toppen en kruinen der Alpen als eilanden uit eene zee oprijzen. Door den milden Föhn, een warme wind waarover straks uitvoeriger gesproken zal worden, gevoelt men de aangenaamste warmte, waardoor er niet zelden op kerstijd aardbeziën bloeien, en vlinders vliegen, en vroolijke gezelschappen, onder den blooten hemel gezeten, eene echte lente genieten.

Hier volgt nog eene korte opsomming van eenige uitersten van temperatuur, die op aarde waargenomen zijn. Vooreerst eenige voorbeelden van warmte. Tusschen de keerkringen heeft Von Humboldt herhaaldelijk de temperatuur van den bodem, op plaatsen die aan de zonnestralen blootgesteld waren, bevonden meer dan 52° op den honderddeeligen thermometer warm te zijn. Arrago nam eens 53° waar op het zand van den tuin van het *Observatoire* te Parijs. Het witte granietzand op den oever van den Orinoco is door Von Humboldt op 60° warmte bevonden, en Nouet nam 67°,5 waar in het zand bij Philae in Egypte.

In de schaduw, onder de opene lucht, heeft men de volgende warmtegraden waargenomen:

| | |
|---|---|
| Te Paramatta, volgens Lord Brisbane . . . . . . | 41° |
| Aan de Kaap de Goede Hoop, volgens Lacaille . . | 43—44° |
| Te Pondichery, volgens Le Gentil . . . . . . . . | 44—45° |
| Op Madagascar, volgens den zelfde. . . . . . . | 45—46° |
| Te Esneh in Egypte, volgens Burkhardt. . . . . | 47—48° |
| Te Moerzoek in Fezzan, volgens Ritchie. . . . . | 56° |

Nu eenige voorbeelden van koude. Te Jakoetsk in Siberie heeft men den thermometer in Januari tot — 58° zien dalen. Franklin heeft — 50° koude waargenomen te Fort-Entreprise op 64°,5 noorder breedte. Black heeft in het noorden van Amerika een koude van 56°,7 doorgestaan. De gemiddelde temperatuur

van Melvilleland is, volgens Kapt. PARRY — 18°,5; het *minimum* en *maximum* — 47° en + 15°,6. Maar Kapt. MAC CLURE heeft dáár in Januari 1853 — 54° waargenomen, ofschoon de gemiddelde temperatuur van die maand, op Melvilleland — 42° is.

Tusschen de beide uitersten + 56° in Fezzan en — 58° te Jakoetsk ligt een ruimte van 114°. Aan zulk een verschil van temperatuur kan de mensch weerstand bieden!

Een groote oorzaak van het verschil in de temperatuur van de atmosfeer is de ongelijke opneming en uitstraling van de zonnewarmte, door de oppervlakten van het land en het water. De warmte die op de aarde valt, wordt, zooals wij boven reeds gezien hebben, gedeeltelijk opgeslorpt in den bodem, en gedeeltelijk in de atmosfeer verspreid. De mate van warmte die opgeslorpt wordt, verschilt naar de kleur en den aard van het land; drooge, vaste en donkerkleurige gronden zijn voor de opslorping gunstiger dan vochtige, losse en lichtkleurige aardsoorten. Ook maakt het in dezen groot verschil of de grond bloot en dor is, dan wel of hij door een dichten plantengroei voor de stralen der zon beschermd wordt. Dat de kleur van den bodem invloed op de opslorping van warmte oefent, spreekt zoo van zelf, dat het hier niet behoeft gezegd te worden: dat zwarte bovenkleederen warmer kleeden dan witten, is eene algemeen bekende zaak.

Ook de aard van den grond is in dezen belangrijk. Immers de bodem van een land bezit niet overal de zelfde geschiktheid om zich te verwarmen en weder af te koelen, maar naar den aard der gesteenten, die zijne oppervlakte vormen, in een zeer ongelijken graad. Doch dit verschil is evenwel slechts plaatselijk merkbaar: over een zeer groote uitgestrektheid wegen die onderscheidene toestanden van de gesteenten der oppervlakte tegen elkander op, en vernietigen als 't ware elkander. Meer van belang is de ongelijke vochtigheid van den bodem, en de ongelijke beschaduwing tevens. Waar het water den bodem doordringt, kan hij zich niet zoo sterk verwarmen als in drooge vlakten, wijl het water, als het verdampt, warmte tot zich neemt, en als 't ware doet verdwijnen. Een dergelijken invloed oefenen de planten door de schaduw, die zij geven — wij bespeuren dat reeds in de aangename koelte, die wij in den zomer in de bosschen ondervinden. De planten beletten de werking van de zon op den bodem, maar stellen haar eigen loof er aan bloot. Terwijl er op die wijze geen warmte in den bodem verwekt kan worden, wordt die in het gebladerte opgewekte warmte opgewogen door de verdamping, die de verdikking van de plantsappen en de bevordering van den groei der plant ten gevolge heeft. Uitgestrekte bosschen en moerassen dragen dus bij tot de verlaging van de gemiddelde jaarswarmte eener streek.

De uitgestraalde warmte verschilt bijna met elken voorbijgaanden toestand van de atmosfeer — de uitstraling gaat schielijk voort onder een stille heldere lucht, terwijl zij door een betrokkene lucht en zelfs door een overtrekkenden mist tegen gehouden wordt. De invloed van de wolken op de uitstraling van warmte

kan vergeleken worden met dien van de planten die den grond bedekken, waarover wij zoo even spraken.

De zon kan niet op den door de wolken beschaduwden bodem werken; zij werkt echter op de oppervlakte van de wolken, waar de verwekte warmte evenwel door de verdamping verloren gaat. Eene streek, welker hemel aanhoudend bewolkt is, kan zich dus niet over eene even groote warmte verheugen als eene andere, met een meestentijds heldere lucht, onder overigens gelijke omstandigheden. Wordt dáár de lucht bewolkt, dan kan de warmte uit de aarde zich niet aan de hoogere luchtlagen mededeelen, wijl de wolken die mededeeling beletten. Dan wordt de warmte, die uit den bodem straalt, onder de wolkenlaag als onder een kussen terug gehouden. Zijn de wolken alzoo in staat om de hitte van den dag of van het jaargetijde te matigen, zij verminderen ook aan den anderen kant de te groote afneming der warmte in de koudere tijden van den dag of het jaar. Daarom moet in eene veeltijds bewolkte streek de jaarlijksche warmte minder zijn dan onder overigens gelijke omstandigheden bij een veelal onbedekten hemel.

De warmte die bij dag door de aarde opgeslorpt is, wordt bij nacht weer afgegeven, en de hoeveelheid warmte die gedurende den zomer verzameld is, wordt gedurende den winter weer aan de atmosfeer terug gegeven. De diepte in den bodem, die zoodoende door de zonnewarmte en winterkoude wordt aangedaan, verschilt evenwel naar de aardbreedte, naar den grond en naar de ligging van het land: de bodem van het noorden van Siberie, bij voorbeeld, ontdooit nooit verder dan tot eene diepte van eenige weinige decimeter, terwijl het bewezen is dat onder den evenaar de invloed van de zon zich tot 30 meter diep in den bodem uitstrekt: doch over het algemeen mag men veilig aannemen, dat op een diepte van gemiddeld 20 tot 25 meter de temperatuur niet door den invloed van uitwendige oorzaken wordt aangedaan. Ja zelfs mag men verder gaan, en beweren dat de warmte van de zon slechts weinige centimeter diep in de aardkorst dringt: de grond is vooreerst een slechte warmteleider, en het opstijgen van vochtigheid uit de lagere aardlagen door de capillairaantrekking, in de tweede plaats, maken dat het indringen van zonnewarmte in den grond zeer begrensd moet zijn.

Laat ons nu zien hoe het met de warmte in het water gaat. De werking van de zon op de zee wordt slechts weinig door de lucht verhinderd. Aan de oppervlakte van het water is zij grooter dan in de lucht, wat aan de grootere dichtheid van het water beantwoordt. In het water zelf kan de warmte evenwel niet diep dringen, zij neemt met de diepte snel af, en is slechts weinig beneden de oppervlakte te bespeuren. Tot den bodem der wateren kan dus de warmte niet komen. Waar nevens water ook land aanwezig is, wordt er in den bodem, wegens de grootere dichtheid zijner bestanddeelen, wel meer warmte opgenomen dan in het water, maar de warmte dringt er nog minder diep in dan in het laatste.

Als de warmte op het water valt, wordt zij schielijker opgenomen en langza-

mer afgegeven, dan indien zij op het land valt. Zij wordt dan door golven en stroomingen verspreid, en kan zoodoende soms zelfs diep in zee komen. De warmte die op zekere landstreek valt, wordt geheel en al opgeslorpt en uitgestraald binnen die streek, maar die op zekere streek van de zee valt, wordt verspreid en weggevoerd naar andere gedeelten van de aarde. Daar de oceaan langzamer zijne warmte uitstraalt dan het land, en eene driemaal grootere oppervlakte aan de zonnestralen blootstelt, wordt hij, als 't ware, een groote voorraadschuur van warmte ten behoeve van het land. Dat is de reden waarom eilanden en kusten een zachter en gelijkmatiger klimaat bezitten dan het binnenland der vastelanden, het is warmer in den winter en koeler gedurende den zomer.

De winden vooral oefenen een grooten invloed op het klimaat van een land, omdat zij er in zekere mate de temperatuur brengen van de streken waaruit zij komen. De westewind die te Boston, Quebec enz. waait, is reeds over geheel Noord Amerika heen gegaan, en heeft daardoor de temperatuur van die landstreek, warm in den zomer en koud in den winter, aangenomen: hij kan dus noch de zomer-temperatuur van de oostkant van Amerika verlagen, noch de wintertemperatuur verhoogen. Doch als die zelfde westewind op de westkust van Europa komt, neemt hij de gematigde temperatuur van de Atlantische zee mede, en zal, ten gevolge daarvan, op onze kusten de zomerwarmte zoowel als de winterkoude matigen. Zóó komt het dat het klimaat van de westelijke kusten der Oude wereld minder in uitersten gaat, dan dat van de oostelijke kusten der Nieuwe wereld, de tegenovergestelde oever van den Atlantischen oceaan. Ook op de westkust van Amerika, waar de winden waaien die over de Stille zee komen, is het klimaat gelijkmatiger dan op de oostkust.

Naar dien invloed van de zee op het klimaat van het land, onderscheidt men een z e e k l i m a a t, ook eiland- of kustklimaat geheeten, en een l a n d k l i m a a t. Het zeeklimaat, waarin zich de meeste aan zee gelegene landen verheugen, heeft zachte winters en koele zomers, terwijl het vastelandklimaat koude winters en heete zomers geeft. Op aardbreedten die tusschen de keerkringen gelegen zijn, en waar natuurlijk geen winter heerscht, is het binnenland veel warmer dan de zeekust en de eilanden langs de kust gelegen. Het is ook om die reden dat de noordelijke en zuidelijke halfronden, waarop het land en het water zoo ongelijk verspreid zijn, zulke verschillende klimaten hebben: de grootere uitgestrektheid land op het noordelijke halfrond geeft het als 't ware een landklimaat, terwijl de grootere uitgestrektheid van de zee op het zuidelijke halfrond het, op gelijke breedten, een eiland- of zeeklimaat geeft.

Het is verder ook die ongelijke opneming van warmte door het land en het water, waaraan het verschijnsel van land- en zeewinden te danken is. Hoe ontstaan die land- en zeewinden? De zon verwarmt na haren opgang het land veel sneller dan de zee. Het gevolg daarvan is het opstijgen van de lucht, boven het land, en het stroomen van de lucht, die zich boven de zee bevindt, naar het land. Daar de werking der zon steeds in het oosten begint, ontstaat dat opstijgen der lucht vroeger in het oosten dan in het westen: de lucht stroomt der-

halve van het westen naar het oosten, als 't ware de zon te gemoet. Die oostwaarts stroomende lucht is nog niet verwarmd. Daarom is de morgenwind een frissche, soms zelfs een recht koude wind. Wijl hij uit zee opkomt, noemt men hem bij ons ook wel zeewind. Des avonds, als de zon ondergegaan is, koelt het land snel af, terwijl de zee hare warmte langer behoudt. Dan ontstaat er een wind van het land naar zee, de landwind of de avondwind, die als 't ware de zon achterna waait. Die beide dagwinden zijn in sommige streken zeer geregeld, vooral aan de westkusten der vastelanden. Aan zulke kusten die naar het oosten liggen, ontstaat bij dag eene koele landwind, en bij nacht eene warme zeewind. Het omgekeerde geschiedt aan de tegenovergestelde kusten. En derhalve blijkt het ons dat het hoofdzakelijk een gevolg is van de ongelijke verspreiding van zee en land, en van de verschillende wijzen waarop beiden door de zon aangedaan worden, waarin wij het groote verschil in de klimaten der aarde moeten zoeken, namelijk de lucht- en zeestroomingen, de dampen en regen van de eene landstreek, de droogte en hitte en bestendigheid van de andere.

Doch hoe de temperatuur van de lucht ook is, altijd toch ontvangt zij vochtigheid van de oppervlakte der aarde, zoowel van het land als van het water. Die waterdamp, door de lucht opgenomen en verspreid in onzichtbaren vorm, wordt slechts zichtbaar als hij tot mist, regen of sneeuw enz. wordt verdicht. De waterdamp, dat is water hetwelk tot een onzichtbaren damp is uitgezet, kan geen onveranderlijk bestanddeel der lucht vormen, omdat deze stof niet, gelijk stikstof, zuurstof en koolzuur, bij alle in den gewonen loop der natuur voorkomende warmtegraden bestendig in gastoestand blijft, maar bij de geringste wisseling van warmte, hetzij nog meer uitgezet wordt, hetzij in den druipend vloeibaren toestand overgaat.

Het is algemeen bekend, dat water in damp verandert als het tot 100° C. verwarmd wordt. De zoo ontstaande damp heeft dan niet 100° maar 0° warmte. De 100° warmte zijn als 't ware verdwenen. Het water heeft de eigenschap om aan de lichamen, hetzij vasten of gasvormigen, waarmede het in aanraking komt, warmte te onttrekken, en om zich met hulp dier warmte in damp te veranderen. Daardoor gevoelen wij dat onze hand koud wordt, als wij haar, nat gemaakt, in de lucht laten droogen. Zelfs als ijs heeft het water de geschiktheid om warmte uit de lucht tot zich te nemen, en met behulp daarvan te verdampen; en het verdampt inderdaad dan even schielijk als vloeibaar water onder gelijke omstandigheden. De lucht waarin water verdampt, wordt daardoor afgekoeld, doch dit heeft evenwel zijne grenzen. Bij elken warmtegraad kan slechts zekere hoeveelheid water de tot verdamping noodige warmte uit de lucht tot zich nemen, en er kan derhalve slechts eene bepaalde hoeveelheid waterdamp gevormd worden, die zich in de lucht verspreidt. Is die verhouding eenmaal bereikt, dan noemt men de lucht verzadigd. Hoe warmer de lucht is, des te meer water kan er in verdampen, voordat zij verzadigd is. Wordt lucht, met waterdamp verzadigd,

afgekoeld, dan wordt er zooveel waterdamp weder tot water verdicht, dat de lucht, voor den nu bekomen lageren warmtegraad, steeds nog verzadigd blijft.

De lucht is geenszins altijd geheel, maar gewoonlijk slechts ten deele met waterdamp verzadigd. Door een hygrometer kan men den verzadigingstoestand der lucht leeren kennen. Zoolang die toestand niet bestaat, verdampt het water uit de zee, uit den aardbodem, uit planten en dieren. Niet zelden evenwel is ook de lucht oververzadigd, dat is bevat zij meer water dan zij bij hare warmte en drukking kan behouden, en dan vormt er zich in haar druipend vloeibaar water, in de gedaante van mist, regen of sneeuw. In den zomer is de lucht veel rijker aan water dan in den winter: in den zomer wordt de verzadigingstoestand in het algemeen veel zeldzamer bereikt dan in den winter; welke laatste daarom zoo vochtig is, omdat er zoo veelvuldig en zoo lang aaneen bestendig water in de lucht wordt gevormd. Vooral gedurende den tijd van overgang van den zomer tot den winter, is de lucht meest altijd met water overzadigd, en daardoor heeft men meestal van het laatst van October tot het laatst van December buiig en vochtig weder.

Hoewel het water in dampvorm zoowel uit het land als uit het water opstijgt, spreekt het toch van zelf dat de oppervlakte van het water der aarde meer waterdamp in de lucht brengt dan het land doet. Daarom moet de verdamping van water vooral groot zijn onder den evenaar. Als wij eene aardglobe beschouwen, zien wij dat de lijn van den evenaar slechts over een gedeelte van het land heengaat: Zuid-Amerika en Afrika, waar beide werelddeelen zeer smal zijn, Borneo, Celebes, Soematra, en nog eenige kleine eilanden; de heete zonnestralen vallen dus bijna overal op het zeewater, en verwekken eene buitengewoon sterke verdamping. Stellen wij de breedte van den aardgordel tusschen de keerkringen, de tropische zone, op 700 geogr. mijl, dien wij zoo even voor het grootste gedeelte als een watergordel leerden kennen, dan zal men inzien dat er hier eene ontzettende hoeveelheid water door de verdamping in de lucht opgeheven moet worden. Maury wil, en sommigen meenen dat die schatting nog te klein is, dat er jaarlijks in dien gordel eene laag zeewater van 5 meter dikte verdampt. Die waterdamp, uit mikroskopisch kleine waterblaasjes bestaande, stijgt ten gevolge van zijne lichtheid naar boven, en vormt den steeds bestaanden wolkengordel, den bekenden *cloudring*, boven den evenaar.

Doch ook de vochtigheid van de oppervlakte van het land wordt overal, behalve waar het met een dichten plantengroei bedekt is, schielijk in damp veranderd, hoewel de aanvoer uit deze bron ongeregeld en zeer begrensd is, in vergelijking met den damp die door het water geleverd wordt. Zout water verdampt een weinig minder dan zoet water, en daaruit volgt dat als de bovengenoemde groote watervlakte bestond uit zoet water, het watergehalte der lucht nog veel grooter zou zijn dan het thans is. En wat het groote verlies aan water door de verdamping betreft, waarover wij zoo even spraken: het spreekt van zelf dat, al verdampt er tusschen de keerkringen jaarlijks een laag water van 5 of volgens sommigen van 2 tot 3 meter dikte, de zee daarom te dier plaatse

niet ledig wordt, want van alle kanten vloeit er weer water heen, hetwelk op zijn beurt weder in waterdamp zal overgaan, en door de atmosfeer worden verspreid. Hoe warmer de lucht is, des te grooter is ook haar wateropnemend vermogen, en die vatbaarheid om vochtigheid vast te houden, neemt toe totdat het punt van verzadiging bereikt is, maar dan ook is er slechts eene geringe verlaging van de temperatuur noodig, om eene verdichting van den waterdamp en dus regen voort te brengen.

Gelijk alles wat de verschijnselen van het weer betreft, zijn ook de omstandigheden waarmede het ontstaan en het bestaan blijven van dampen in de atmosfeer verbonden zijn, zeer samengesteld en ingewikkeld, maar in algemeene woorden mag men zeggen, dat de warmte de groote bewerker der verdamping is, dat een zachte luchtstroom door het wegnemen van de drukking van den damp, zoodra hij gevormd is, gunstiger is dan een stilstaande lucht, en dat zij tegengehouden wordt door wolken en mist in de lucht, zelfs al is de warmte tevens aanmerkelijk groot. Gelijk wij boven gezien hebben, is de vochtigheid van de lucht voornamelijk tot de onderste lagen bepaald, en de hoeveelheid waterdamp neemt naar boven zoo snel af, dat zij op eene hoogte van vijf of zes mijl in 't geheel niet meer merkbaar is. De hoeveelheid vochtigheid die door de oppervlakte van den aardbol uitgewasemd wordt, mag van dag tot dag en van jaar tot jaar verschillen, maar altijd toch keert zij binnen zekeren tijd in den staat van dauw, regen, hagel of sneeuw tot de aarde terug.

En zoo hebben wij dus nu een vluchtigen blik geslagen op den aard en de samenstelling, de warmte en de vochtigheid van de atmosfeer: wij kunnen nu overgaan tot eene beschouwing van de uitwerkselen dier verschillende toestanden, uitwerkselen die wij winden, regen, hagel, sneeuw enz. noemen.

### c. DE WINDEN.

Een luchtstroom, verwekt door een ongelijkheid in de temperatuur of in de dichtheid van de atmosfeer, wordt w i n d genoemd — wind is het stroomen van de koudere en dichtere lucht, om de plaats van de warmere en lichtere gedeelten in te nemen. Met andere woorden, w i n d i s l u c h t i n b e w e g i n g, en de meest voorkomende oorzaak van zulk eene beweging is verschil van temperatuur tusschen onderscheidene gedeelten van de atmosfeer. Door eene ongelijke verwarming wordt het evenwicht in de lucht verbroken. Het noodzakelijke gevolg van zulk eene storing zijn stroomen in de lucht, w i n d e n, waardoor het evenwicht hersteld moet worden.

Wordt de lucht bij voorbeeld door een vuur verwarmd, dan tracht zij zich uit te zetten, en verkrijgt daardoor zekere spanning ten opzichte van de luchtmassa's die de verwarmde gedeelten omringen. Daardoor wijkt de lucht eerder naar boven dan ter zijde uit. De lucht wordt als 't ware boven de plaats die verwarmd wordt, opgeheven; de opzwelling echter, die daardoor natuurlijk boven in de lucht moet ontstaan, verdwijnt weder, wijl de lucht in de hoogte naar

alle zijden afvloeit en zich uitspreidt. Kan de lucht zich op die wijze in verhouding tot de verwarming uitzetten, dan kan de kolom, waarvan zij een gedeelte uitmaakt, niet meer het evenwicht met de omringende lucht bewaren, wijl dat gedeelte minder dicht is dan de laatste. De omringende lucht begint derhalve te zinken en stroomt naar beneden, naar de met verwarmde en uitgezette lucht gevulde ruimte.

Aan elken wind ligt dus in den regel een opstijgende of een afdalende luchtstroom ten grondslag. Van den naasten omtrek stroomt de lucht eerst naar de ledige plaats heen; daardoor worden de meer verwijderde luchtmassa's genoodzaakt om eveneens in beweging te geraken, en zoodoende komt eindelijk de geheele lucht in een stroomende beweging. Waar de oorzaak van den stroom werkt, daar stroomt de wind, en daar doet hij zich ook het eerst gevoelen. Het is alzoo met den natuurlijken wind anders als met den kunstmatigen, bij voorbeeld uit een blaasbalg, die van de plaats, waar hij ontstaat, voortstroomt. Een oostewind wordt niet het eerst in het oosten gevoeld, maar in het westen, en hoe oostelijker eene plaats ligt, des te later waait dáár de oostewind.

Tusschen de keerkringen wordt de aarde het sterkst verwarmd. De lucht die dáár door de verwarming uitgezet moet worden, is aan de polen des te meer aan verkoelende invloeden onderworpen. Daardoor ontstaat er op den evenaar een opstijgende stroom, die in de benedenste luchtlagen van het noordelijke halfrond noodzakelijk een n o o r d e w i n d, en op het z u i d e l ij k e halfrond een z u i d e w i n d moet zijn. Ten zelfde tijde ontstaat er in elke poolstreek een afdalende stroom, die in de bovenste luchtlagen een z u i d e w i n d op het n o o r d e l ij k e, en een n o o r d e w i n d op het z u i d e l ij k e halfrond moet veroorzaken, want terwijl de koudere luchtstroom b e n e d e n van de koudere naar de warme streken stroomt, vloeit een warmere luchtstroom b o v e n van de warmere naar de koudere gedeelten.

Gelijk het evenwicht in den oceaan onderhouden wordt door zijne stroomingen, wordt het evenwicht in de atmosfeer bewaard door hare winden. En daar de winden verschillende tijden, richtingen en kenmerken hebben, worden zij in verschillende klassen verdeeld, en door verschillende namen onderscheiden. Men noemt de winden die steeds in één richting tusschen en eenige weinige graden buiten de keerkringen waaien (de p a s s a a t w i n d e n) v a s t e of s t a n d v a s t i g e w i n d e n; die op zekere t ij d s t i p p e n waaien (de m o e s s o n s) p e r i o d i e k e w i n d e n. Wat de richting betreft, worden zij naar de streken van het kompas onderscheiden, en heeten dus noorde-, zuide-, ooste-, weste-, zuidweste, zuid-zuid-westewind enz. naar de hemelstreek waaruit zij waaien. En wat hunne kenmerken of hun aard betreft, zijn zij koud of warm, droog of vochtig, zacht of hevig, gezond of ongezond, naar de plaats en andere toestanden en omstandigheden waarin zij waaien.

Een van de meest in 't oog vallende karaktertrekken van de winden is hunne snelheid, die verschillen kan van eenige mijlen tot een honderd mijlen in het uur, en tusschen deze beide uitersten vindt men elken mogelijken trap, van het

zachtste koeltje tot den hevigsten orkaan. Volgens de meteorologen wordt eene snelheid van 7 mijl in het uur als een zachte koelte beschouwd; van 14 mijl in het uur als een zwakke bries; van 21 mijl als een stijve bries; van 42 mijl als harde wind; van 63 mijl als een storm; van 84 mijl als een hevige storm, en van 91 mijl als een orkaan die boomen ontwortelt en gebouwen van de oppervlakte der aarde wegblaast.

In welk karakter de winden ook mogen voorkomen, zij zijn in elk geval hoogst belangrijk in het veroorzaken en wijzigen van het klimaat. Door den wind wordt de vochtige en warme lucht van de eene luchtstreek naar de andere gevoerd, en ook hangen de stroomen in den oceaan grootendeels van de winden af, die steeds het warmere en koudere water van verschillende aardbreedten met elkander vermengen. Behalve deze groote klimatologische verrichtingen staan zij in nauw verband met het voortbrengen van regen en andere waterige luchtverhevelingen, terwijl zij tevens, door de lucht in beweging te houden, haar voor de gezondheid dienstig doen zijn. Zij zijn, zooals terecht gezegd is, de groote band tusschen het land en het water; zij brengen de vochtigheid van het eene over naar de dorstige streken van het andere; en de drooge koude lucht van het eerste in de vochtige en zware lucht van het laatste. Uit een geologisch oogpunt zijn de winden hoogst belangrijk in het bewegen, opstapelen en rangschikken van alle losse stoffen der oppervlakte van de aarde, zooals de zandduinen van de zeekust en het stuifzand van de woestijn, terwijl door de werking der golven van den oceaan, die door de winden verwekt worden, groote veranderingen veroorzaakt worden op alle kusten der zee. Als de winden zachtkens blazen, werken zij mede tot de bevruchting der planten en de verspreiding van het zaad. Door de winden wordt de handel van de volken der aarde overgebracht van de eene kust naar de andere, en al hoe wuft en onbestendig zij ook mogen zijn, vertrouwt de mensch toch aan de winden het werk toe, om de wieken en raderen zijner machinerieën te doen draaien.

Laat ons nu eenige bijzondere winden meer oplettend beschouwen. Wij beginnen daartoe met de standvastige, vaste of altijddurende luchtstroomen, met de p a s s a a t w i n d e n.

De richting van de hoofdwinden zou steeds den loop der middaglijnen of meridianen volgen, indien de aarde stil stond, en de zon er alle dagen eenmaal om heen wentelde. Daar echter de aarde om hare eigene as en om de zon wentelt, moeten daardoor noodzakelijk afwijkingen ontstaan. Stellen wij ons voor dat de lucht in rust is, dan volgt daaruit dat elk gedeelte daarvan aan de omwenteling der aarde van het westen naar het oosten deelneemt, en daarbij zulk een snelheid bezit als noodig is om binnen 24 uren dien weg af te leggen, dat is om boven den evenaar 5400 mijl, en aan de polen echter een zeer kleinen weg te doorloopen, of zelfs eindelijk slechts eene omdraaiing te maken. Daar nu elk lichaam de eenmaal verkregene snelheid behoudt zoo lang geen beletsel haar verzwakt, of wel geheel beneemt, moet de lucht die zich tusschen de keerkrin-

gen bevindt, en dáár eene snelheid van ongeveer 200 mijl in het uur verkregen heeft, nog de zelfde snelheid bezitten wanneer zij, naar eene der polen stroomende, op hoogere breedten aanlandt. Een gedeelte der snelheid verliest zij echter door de wrijving tegen de stilstaande of in andere richtingen stroomende luchtmassa's; een gedeelte wordt haar ook door de zwaarte ontroofd, die op elke breedte de lucht aan de aarde tracht te ketenen. Maar op een groot gedeelte van haren loop van den evenaar naar de pool, is hare snelheid nog altijd grooter dan de omwentelingssnelheid van de aarde, die op de bedoelde aardbreedten heerscht. Het noodzakelijke gevolg daarvan is dat de luchtmassa's sneller van het westen naar het oosten stroomen, dan de aardbreedten waar over heen zij trekken, en dat zij dus de voorwerpen, die op de aarde zijn, naar het oosten vooruit snellen. Daardoor verkrijgt deze bovenstroomende zuidewind tevens eene naar het oosten afgeleide beweging, hij vertoont zich derhalve niet als zuidewind, maar als zuidwestewind. De onderstroomende lucht, van de polen naar den evenaar, brengt de luchtmassa's die natuurlijk zulk eene groote snelheid niet bezitten, naar aardbreedten die een veel grootere omwentelingssnelheid hebben. Deze lucht kan alzoo niet zoo ras den weg naar het oosten loopen als de aardbreedten, en zij blijft derhalve achter. Het gevolg daarvan is voor ons het zelfde als wanneer de aarde inderdaad stilstond, en de beneden stroomende luchtmassa's van het oosten naar het westen bewogen werden. Daarom vertoont zich de onderstroom niet als een noordewind, maar als een noordoostewind. In beide gevallen is het volharden de oorzaak der afwijking; de bovenstroom houdt vol met zijne snelheid, en loopt daardoor vooruit; de onderstroom houdt vol met zijne langzaamheid, en blijft daardoor achter bij de omwenteling der aarde.

Maar is dit slechts eene theorie, of gaat het in de natuur waarlijk zoo toe? Worden de luchtstroomen zóó afgeleid door de beweging der aarde? Zeker, er heerschen in de breedten aan weêrszijden tusschen de keerkringen en de poolkringen zulke afgeleide winden, doch zij richten zich niet naar den aardevenaar, maar naar den warmte-evenaar en naar de warmtebreedten; ook zijn zij meer geregeld op de zee dan op het land. Van den 10° N.B. tot den 25° of 30° N.B. heerscht op ons halfrond geregeld een koude noordoostewind als onderstroom; zoodat de gordel tusschen de bovengemelde grenzen door de zeelieden de streek der noordoostpassaatwinden geheeten wordt. Eveneens bevindt zich, als tegenhanger, op het zuidelijke halfrond tusschen den 2° N.B. en den 21° tot 25° Z.B. de streek der zuidwestpassaatwinden. Dat er aan die onderstroomen een zuidwestpassaatwind op ons halfrond, en een noordoostpassaatwind op het zuidelijke halfrond als bovenstroomen beantwoorden, spreekt van zelf. Zij strekken zich ongeveer tot den 60° N.B. en den 60° Z.B. uit.

Doch dit is niet alles wat wij bij de passaatwinden moeten opmerken. Om een goed begrip van deze winden te krijgen, moeten wij hier even herhalen wat boven reeds met andere woorden gezegd is. Hoe warmer de lucht wordt, des te

meer zet zij zich uit, wordt alzoo minder dicht, en moet dus naar boven stijgen. Hoe meer zij afkoelt, des te meer moet zij naar beneden zinken. De benedenwinden streven dus naar boven, de bovenwinden naar beneden. De lucht, die van de polen naar den evenaar stroomt, moet steeds naar beneden vloeien, totdat zij ver genoeg in heete streken voortgedrongen is, om zooveel verwarmd te worden, dat zij weder naar boven kan stroomen. Omgekeerd heeft de lucht die van den evenaar naar de polen stroomt, neiging om te stijgen, totdat zij zoover is afgekoeld dat zij kouder en dichter wordt, en dus daalt. Daardoor verdeelt zich de lucht in een menigte gordels en streken. Op den evenaar stroomt de lucht naar boven, aangevoerd door onderstroomen, deels van het noordelijke, deels van het zuidelijke halfrond. Daar heerscht dus in 't geheel geene bepaalde windrichting, maar òf eene volkomene windstilte, wanneer de warmte van beide kanten even groot is, òf wel een zeer veranderlijke wind met hevige stormen en orkanen vergezeld, wanneer bij den overgang der jaargetijden het evenwicht in de warmte van beide halfronden verbroken wordt. Daarom noemen de zeelieden de beide bovengemelde gordels of streken van de noordoost- en zuidwestpassaatwinden, nu eens den gordel der stilten, dan weder dien der veranderlijke winden.

Op beide grenzen van den heeten aardgordel, aan elke zijde ongeveer 25° van den evenaar verwijderd, ontmoeten de bovenstroom en de onderstroom elkander, wijl de eerste dáár wordt afgekoeld, en dus naar beneden stroomt, en de tweede dáár wordt verwarmd, en derhalve naar boven moet stijgen. Die ontmoeting verwekt dáár, even als op den evenaar, óf eene volkomene windstilte, óf hevige stormen. De zeelieden spreken daarom van keerkringstilten van den steenbok of van de kreeft, naar de namen dier kringen. Van de grenzen dier gordels tot aan den 60° heerscht de bovenwind in de onderste luchtlagen, en begint daarna weder opwaarts te stijgen. Het zijn als bovenwind uit de heete streken terugkeerde noordoost- en zuidwest-passaten, die zich evenwel als zuidwestewinden op het noordelijke, en als noordoostewinden op het zuidelijke halfrond moeten vertoonen. De terugkeerende noordoost-passaat is daarom in ons land een warme zuidwestewind.

Periodieke winden, tijdelijke winden, staan in zeker opzicht met de passaatwinden in verband. Om die etesische winden, van het grieksche woord *etesios*, jaarlijks, zooals zij ook wel genoemd worden, te leeren kennen, gaan wij weder naar de warme gedeelten der aarde.

In onzen winter wordt het land van Zuid Afrika buitengewoon sterk verwarmd, terwijl ten zelfden tijde de hoog gelegene vlakten van Midden Azie door eene hevige koude verstijven. Daardoor wordt de noordoostpassaat van het noordelijke halfrond buitengemeen versterkt, en zoo heerscht er dan van October tot April een zeer geregelde en krachtige noordoostpassaatwind, op de zee tusschen Oost Indie en Zuid Afrika. In den zomer daarentegen gloeien de

landvlakten van Midden Azie in de brandende zon, terwijl in Zuid Afrika het koelste jaargetijde heerscht. Dan wordt de zuidoostpassaat van het zuidelijke halfrond tusschen die landen afgeleid, en waait als zuidwestewind tot naar de middenbreedten van het noordelijke halfrond: op de zee tusschen Afrika en Oost Indie waait van April tot October een geregelde en krachtige zuidwestpassaat. Dáár is de zeeman verzekerd van naar het jaargetijde óf een noordoostewind óf een zuidwestewind te zullen aantreffen, en zulke winden noemt men dus met recht jaargetijdewinden, etesische winden. De Maleiers noemen hen *moessin*, vandaar ons moesson. Zulke moessons kan men in vele streken waarnemen; bijna overal oefenen zij een bepaalden invloed op de windrichting, die in zeker jaargetijde de bovenhand heeft.

De zonnegloed van Afrika's woestijnen verhit dáár, in den tijd waarin wij winter hebben, de luchtlaag die als bovenstroom noordwaarts vloeit, en meer of min oostwaarts afgeleid wordt, naar dat zij sneller of langzamer stroomt. Nederdalende bereikt die stroom den aardbodem òf reeds op de kusten van Noord Afrika, òf eerst in Italie, breekt tegen de Alpen, stijgt opwaarts, en wordt teruggeworpen, zoodat hij eerst weder op eene groote hoogte den weg naar het noorden ruim heeft. Niet zelden bereikt hij dan aan de kusten van de Oostzee weder den aardbodem. Die wind is de simoen van Afrika, de sirocco van Italie, de Föhn van Zwitserland, de groote regelaar van het weder in Europa. Een dergelijke wind ontbreekt in Noord Amerika, en daaraan is het toe te schrijven dat de warmtebreedten in dat werelddeel zoo ver naar den evenaar voortloopen.

De bovengenoemde simoen is zeker een van de belangrijkste plaatselijke en tijdelijke winden die wij kennen, en verdient dus, hoewel wij er vroeger reeds over gesproken hebben, hier nog eene korte vermelding. Het woord simoen is arabisch, en beteekent heet en vergiftig. De simoen is een heete verstikkende wind, die in de meeste landstreken rondom de groote zandwoestijnen gelegen, waait, vooral in zekere gedeelten van Azie en Afrika, waar zijne temperatuur tot 120 en 130 graden waargenomen is. Hij komt uit de woestijn opzetten, beladen met uiterst kleine stofdeeltjes en zandkorreltjes, en geeft niet zelden een rooden gloed aan de lucht, wat gelukkig is voor den reiziger, die door den simoen overvallen wordt, daar hij zich dus misschien nog voor zijn verpestenden adem kan beveiligen. In Turkije heet men hem *Samicli*, in Egypte *Khamsin*, vijftig, omdat hij gewoonlijk vijftig dagen aanhoudt, en in Guinea en Senegambie *Harmattan*. De *Sirocco* in Italie is een heete, uitdroogende wind, dien men voor den zelfden als den simoen houdt, mits gewijzigd, en die nu en dan over Sicilie en omliggende streken waait; terwijl men den *Föhn* in Zwitserland, ook een warme, drooge wind, voor een gewijzigden italiaanschen sirocco aanziet. De *Solano* is een dergelijke zuidwestewind, die nu en dan Spanje bezoekt, en, daar hij uit de afrikaansche woestijn komt, ook als een gewijzigde simoen of als een sirocco beschouwd wordt.

In Noord-Amerika zeiden wij zoo even, heeft men zulke tijdelijke winden niet, maar in Zuid-Amerika waait periodiek een wind, dien men in Buenos Aires

*Pampero* noemt. Dit is een hevige westewind die, over de groote vlakte der pampas trekkende, dichte stofwolken van die vlakten opjaagt, en tot in den oceaan drijft. De pampero schijnt een gedeelte van den terugkeerenden noordwestpassaatwind te zijn. In Peru, tusschen de Cordilleras en de Andes, vindt men op eene hoogte van 4000 meter een groote hoogvlakte, die den naam van *Puna* draagt. Gedurende vier maanden van het jaar wordt die streek gegeeseld door doordringende koude winden, de p u n a-winden, die van de met sneeuw bedekte toppen der Cordilleras afdalen. Die winden zijn zoo droog, en slorpen de vochtigheid zoo schielijk op waar zij waaien, dat zelfs de verrotting van doode dierlijke lichamen daardoor belet wordt.

Na de passaatwinden en de periodieke winden beschouwd te hebben, gaan wij een blik werpen op de derde soort, namelijk de v e r a n d e r l ij k e w i n d e n.

Door onderscheidene omstandigheden worden de luchtstroomen tot veranderlijke winden gemaakt. Hooge, met eeuwige sneeuw en ijs bedekte gebergten zijn als 't ware poollanden midden in het gebied van warme aardgordels. Het spreekt van zelf dat zij een grooten invloed op de luchtstroomen van het omliggende land moeten oefenen. Daarbij komt dan nog de verschillende strekking hunner hellingen, waarvan natuurlijk de westelijken tegenover de oostelijken, en de noordelijken tegenover de zuidelijken in uitwerkselen zeer verschillen. Gevolgelijk moeten zij de winden ten hoogste veranderen en wijzigen.

Daar niet in alle streken de lucht ten zelfden tijde bewolkt of van wolken bevrijd is, maar heldere lucht en betrokken lucht steeds nevens elkander voorkomen, en onophoudelijk onderling verwisselen, worden er steeds zekere gedeelten van het land en van de zee door de zon beschenen, en anderen beschaduwd. Elke door de zon beschenen plek wordt sterker verwarmd dan eene beschaduwde die er naast ligt, en wordt zoodoende de oorzaak van bijzondere luchtstroomen. Dezen kunnen òf als plaatselijke winden voelbaar worden, òf een anderen heerschenden wind afleiden of van richting doen veranderen, òf hem vertragen door tegen hem in te stroomen.

Indien de oppervlakte der aarde effen was als de zeespiegel, kon elke wind, als geen andere beletselen hem in den weg stonden, zonder hinder in eene en de zelfde richting voortstroomen. Maar de gebergten zijn hem overal hinderlijk, en wel derwijze dat de wind òf er tegen aan waait, en opwaarts stroomende over den bergkam heen zijnen weg moet vervolgen, òf terug moet keeren, óf er schuins bij langs moet strijken en zoodoende afgeleid wordt. In nauwe dalen kunnen alle winden slechts in twee tegenovergestelde rigtingen waaien, en slechts naar de warmte, de vochtigheid enz. is dan de plaats van hunne afkomst te bepalen. Men noemt dáár de winden derhalve ook niet naar de hemelstreken, maar geeft hun bijzondere, bijna in elk dal verschillende namen. Boven de volle zee is de gang van den wind eenvoudig en geregeld als een uurwerk; het tegendeel ziet men in de dalen der gebergten: in elk dal heeft men eene bijzondere ondervinding noodig om den wind te kunnen bepalen.

Door dit alles kan het ons dus niet verwonderen, dat de wind zoo onbestendig is en zoo dikwijls afwisselt, dat hij reeds van oudsher het toonbeeld van de veranderlijkheid en onbestendigheid is geworden. Integendeel moet het ons verwonderen, dat men er in geslaagd is om de grondregelen waarnaar de wind zich gedraagt, uit al dien warboel te ontcijferen en op te sporen. Men heeft daartoe geene andere middelen gehad als het bijeenvoegen der uitkomsten van eene menigte waarnemingen, in zooveel mogelijke gedeelten der aarde. Uit de waarnemingen van geheele jaren, en nog beter uit die van geheele reeksen van jaren, blijkt dat in elke streek dooreengenomen op elken tijd zekere winden waaien, die men tot één soort kan brengen. Dat gebeurt onder anderen in ons land te Utrecht. Dáár wordt dagelijks de windrichting waargenomen, en uit die waarnemingen blijkt het volgende:

Van 1 December 1848 tot 30 November 1858 werd te Utrecht drie malen daags de wind aangeteekend; 's morgens te 8, 's namiddags te 2, en 's avonds te 10 uur. Samen 10956 waarnemingen uitmakende. Herleidt men dit getal tot 1000, dan bekomt men voor het aantal malen pro mille, dat elke wind gewaaid heeft, de volgende getallen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| N 53 | O 33 | Z 68 | W 69 |
| NNO 54 | OZO 23 | ZZW 70 | WNW 57 |
| NO 84 | ZO 44 | ZW 123 | NW 69 |
| ONO 54 | ZZO 48 | WZW 98 | NNW 53 |

Samen 1000.

Over de veranderlijke winden valt nog zeer veel te zeggen: uit vrees echter van al te uitvoerig te worden, bepalen wij ons tot het volgende. De onophoudelijke strijd tusschen de winden die van de pool en die van den evenaar komen, van winden die zoo verschillend van aard en richting zijn, geeft aan het klimaat op het noordelijke halfrond een van zijne meest in 't oog vallende karaktertrekken, namelijk die veranderlijkheid, die uitersten van warmte en koude, van droogte en vochtigheid, van schoon weder en slecht, die onzekerheid van de jaargetijden, waardoor de koopman en de landman steeds in spanning gehouden worden, steeds hopende en vreezende, nu eens een overvloedigen oogst en dan weer duurte verwachtende. Niet slechts is het verschil in het zelfde jaar groot, maar vooral is dit het geval als men het eene jaar met het andere vergelijkt. De wind uit de poolstreken komende, kan in zekere streek heerschen, en zal dáár den oogst in gevaar van mislukken brengen, door de langdurige droogte dien hij aan de atmosfeer mededeelt, terwijl meer oostelijk of westelijk een van den evenaar komende wind door weldadige regenbuien vruchtbaarheid verspreidt. Of het tegenovergestelde kan het geval zijn: de zuidelijke winden verkrijgen zoo de overhand, dat de oogst door natheid bederft, terwijl eenigen afstand verder, waar die winden niet waaien, de natuur al hare schatten op den landbouwer uitstort. Men heeft opgemerkt dat een zachte winter in Europa dikwijls beant-

woordt aan een strengen winter in Amerika en Azie, terwijl de zachtheid van den winter in Amerika vermoeden geeft van een veel kouderen op de andere zijde van den Atlantischen oceaan. De jaren 1816 en 1817 waren gekenmerkt, zooals de geschiedenis ons leert, door een algemeene hongersnood en duurte in Europa. De vochtigheid was zoo groot, dat de geheele oogst mislukte. Maar de zuidwestewind, die zonder ophouden in de westelijke gedeelten van dat werelddeel woei, en die al die vochtigheid aanvoerde, strekte zich niet verder dan tot Polen uit, en het zuiden van Rusland voorzag maanden lang het uitgehongerde Europa van graan. Toen bleek eerst de groote belangrijkheid van die landstreek, die tot dien tijd uit een handelsoogpunt bijna geheel onbekend was, maar sedert naar waarde geschat wordt. En wie weet niet welk een groote vlucht de handel tusschen Europa en Amerika nam ten gevolge van de droogte van 1846, die den graanoogst van Europa deed mislukken, terwijl Amerika een overvloedigen oogst had. Uit die enkele voorbeelden blijkt het ons welk een groote rol de winden in de huishouding der natuur en het onderlinge verkeer der natien spelen.

Met nog een enkel woord over een soort van veranderlijke winden, die onze opmerkzaamheid in de hoogste mate verdienen, nemen wij afscheid van den wind. Ik bedoel de winden die als wervelwinden of draaiwinden bekend zijn, en veelal de namen *tornado's*, *tyfoens* en *cyclonen* dragen.

Wat is een wervelwind? Treft het dat er twee verschillende luchtstroomen, welker richtingen slechts weinig verschillen, ten zelfden tijde waaien, dan vereenigen zij zich, en gaan voort in de richting van den sterksten. Verschillen echter de richtingen van beiden zooveel dat zij meer dan een rechten hoek uitmaken, dan stooten zij tegen elkander, en stroomen afgeleid nevens elkander voort. Daarbij wrijven zij noodzakelijk tegen elkander aan, en er ontstaat eene draaiing in de lucht, die op de plaats van samentreffing begint, en voortloopt zoo lang de beide winden nevens elkander waaien. Wanneer stormwinden zulk een draai- of wervelwind maken, noemt men dien wind een cyclone. Alles wat bewegelijk is, rukt hij mede voort, het zand der woestijn zoowel als het water der zee, en vormt daaruit soms eene al ronddraaiende en voortgaande schroefvormige zuil, die zich van boven in eene wolk uitspreidt. Vrij smakeloos noemt men die verschijnselen windhozen, en onderscheid naar de stoffen die door haar opgewonden worden, zandhozen of waterhozen.

Zulk eene ontmoeting van tegen elkander stroomende winden vindt voornamelijk plaats in streken waarin tijdelijk eene volkomene windstilte heerscht, en waar de passaatwinden zich nooit ongestoord kunnen ontwikkelen. Door de zeelieden worden derhalve zulke streken zeer gevreesd. Dergelijke oorzaken verwekken ook in andere streken zulke wervelwinden, vooral in de nabijheid van kusten, waar de op zee waaiende passaatwinden door de afwijkende landwinden gestuit worden. Zoo is de zee ten zuidoosten van China berucht wegens de zoogenoemde tyfoens.

Tornado's van het spaansche woord *tornar*, draaien, zijn eigenlijk niets als hevige wervelwinden, doch die naam wordt gewoonlijk op de zulken toegepast,

die met bliksem, donder en regen vergezeld gaan. De naam van tyfoen wordt door de zeelieden gegeven aan de rondloopende orkanen, die gemeenlijk van Juni tot November in de zee ten zuiden van China en bij de Philippinen en Molukken heerschen. Cyclone, van het grieksche woord *kuklos*, een kring of een draai, is de naam die door de zeelieden gegeven wordt aan de ronddraaiende orkanen, die meestal tusschen den evenaar en de keerkringen en bij de keerkringsgrens van de passaatwinden voorkomen. Zij vliegen rond al sneller en sneller, en hoe kleiner de draai is des te heviger zijn zij. Op beide halfronden is de loop van de cyclonen tegen dien van de zon in — ten noorden van den evenaar bewegen zij zich tegen den loop van den wijzer op het horloge in, en ten zuiden van den evenaar volgen zij die richting. De volgende zes stellingen zijn de uitkomsten van eene menigte waarnemingen en onderzoekingen ten opzichte der cyclonen:

1. Het is volkomen zeker dat op beide halfronden de lucht in een cyclone, draait in eene richting tegenovergesteld aan die van de zon. Op het noordelijke halfrond, waar de loop van de zon is van oost naar zuid, west en noord, is de loop van den orkaan van noord naar west, zuid en oost; en op het zuidelijke halfrond, waar de loop der zon is van oost naar noord, west en zuid, loopt de orkaan van noord naar oost, zuid en west.

2. De cyclonen vertoonen zich in de ruimte tusschen den evenaar en de keerkringen, bij de evenaarsgrens der passaatwinden.

3. Er is geen voorbeeld bekend dat er een cyclone waargenomen is bij den evenaar, en ook niet dat ooit een cyclone over den evenaar is getrokken, ofschoon het bekend is dat er eens twee cyclonen te gelijk geheerscht hebben op den zelfden meridiaan, maar op tegenovergestelde zijden van den evenaar, en slechts op een afstand van 10° of 12° van elkander verwijderd.

4. Hunne beweging, die altijd schuins van den evenaar naar de polen is, is gewoonlijk in het begin van oost naar west, en in het laatst van west naar oost, zijnde niet anders als een gevolg van hun ronddraaiende beweging, wat hun meest werkelijk kenmerk is.

5. De snelheid van hun voortgaande beweging verschilt van 9 tot 43 mijl in het uur, en van de snelheid hunner rondgaande beweging heeft men nog geen juiste opgaven.

6. Zij kunnen zich samentrekken en uitbreiden in een kring: de samentrekking vermeerdert altijd de snelheid in groote mate.

## *d.* DAUW, MIST, WOLKEN, REGEN, HAGEL, SNEEUW, EN IJS.

In nauw verband met de winden, die wij zoo even beschouwd hebben, staan de waterige luchtverschijnselen die onder de namen van dauw, mist, nevel, regen, hagel, sneeuw, enz. algemeen bekend zijn. Eene beschouwing van die dingen behoort zekerlijk vooral te huis in de boeken die over meteorologie handelen, doch ook in een boek dat over de natuurkundige aardrijkskunde handelt, moet

er zekerlijk iets over gezegd worden, omdat zij zoo nauw met onze aarde en wat er op en in is in verband staan.

Wij hebben gezien, dat er altijd min of meer waterdamp in de lucht is. Hoe warmer de lucht is, des te meer waterdamp kan zij opnemen, en daaruit volgt dat het meeste water bij dag in de atmosfeer komt. Na zonsondergang verliezen de aarde en de lucht warmte door uitstraling in de ruimte, doch de eerste doet dat het snelste, en daarom wordt op hare verkoelde oppervlakte de vochtigheid van de lucht tot dauw verdicht, volkomen op de zelfde wijs en om de zelfde reden waarom een koude waterkaraf, die uit de koudere buitenlucht in de warmere kamerlucht gebracht wordt, van buiten beslaat, zooals men dat noemt, dat is, bedauwt. Dauw is dus vochtigheid die door de koude van de aarde uit de lucht op de oppervlakte der aarde afgezet wordt. Het dauwpunt is die temperatuur van de atmosfeer, waarop de waterdamp als dauw nedergeslagen wordt. De hoeveelheid dauw die in een nacht afgezet wordt, kan waargenomen worden door middel van een drosometer of dauwmeter, en het eenvoudigste middel is misschien wel lichamen, zooals wolvlokken, aan de nachtlucht bloot te stellen, die vooraf nauwkeurig gewogen zijn, en die men weder weegt nadat zij met dauw zijn bedekt.

De wetenschap noemt dus de waterdamp van de atmosfeer dauw als hij tot water verdicht wordt, en eerst dan zichtbaar druipend vloeibaar wordt, als hij zich aan vaste voorwerpen nederzet, die op den aardbodem liggen, of minstens slechts weinig daarboven verheven zijn.

Men heeft somtijds den dauw voor een nedervallen van waterdampen, door de planten uitgewasemd, gehouden. De dauwdruppels, die vooral aan de toppen der grashalmen en andere deelen van planten hangen, schijnen voor dat gevoelen te pleiten. Maar al mag men ook aan de uitwasemingen der planten een aandeel in de levering van het water, tot het vormen van dauw vereischt, toekennen, toch is een aan den grashalm hangend dauwdruppeltje geenszins onmiddellijk uit dat blaadje, even te voren, als waterdamp te voorschijn gekomen. Even zoo min is ook de dauw van een geheel veld als damp uit den grond opwaarts gestegen, en terstond daarop weder als dauw op het land nedergedaald. Integendeel, het is niet meer twijfelachtig dat de dauw nedervallend water uit de lucht is, en zich van den regen slechts onderscheidt door dat hij uit mikroskopisch kleine blaasjes bestaat, en dat deze blaasjes op eene geringere hoogte geboren zijn. Dat de dauw van de aarde moet afstammen, spreekt van zelf, doch dit behoeft niet noodzakelijk van de zelfde plaats te zijn waarop de dauw nedervalt, dewijl hij door luchtstroomen aangevoerd kan geworden zijn. Evenwel schijnt dit slechts zeldzaam het geval te zijn, daar stil weder eene der voornaamste voorwaarden voor de dauwvorming is.

De meeste dauw valt in waterrijke oorden, vooral aan de zeekusten van warme landen, en slechts in geheel van water ontbloote binnenlanden ontbreekt hij ten eenemale. In vele zeer warme landen, zooals aan de noordoostelijke kust van Afrika, is de dauwvorming zoo rijkelijk, dat het plantenrijk daardoor in den

droogen tijd vochtigheid genoeg ontvangt, en zelfs de kleederen van hen die bij nacht reizen, geheel nat worden. In Engeland valt in het jaar 12 centimeter dauw.

Men zou kunnen vragen: waarom dauwt het dan niet alle nachten, daar toch de aarde en de lucht alle nachten afkoelen? Het antwoord hierop is: eene hoofdvoorwaarde van de dauwvorming is een heldere, nachtelijke hemel, en eene stille, onbewogene lucht, en dit wel in zoo hoogen graad, dat de reeds begonnen dauwvorming ophoudt, en de reeds nedergevallene dauw weder verdwijnt, zoodra de hemel bewolkt wordt, en de wind opsteekt. Het dauwt bijzonder sterk als op een treurigen, winderigen dag een heldere, windstille avond volgt.

De dauw komt dus niet uit den grond opzetten, en dat de dauw uit de lucht nedervalt, wordt ten duidelijkste daardoor bewezen, dat een overdekt voorwerp 's morgens onbedauwd gevonden wordt, terwijl een geheel gelijk voorwerp dicht er naast, maar onbedekt gelegen, alsdan geheel nat van den dauw is.

Het is opmerkelijk dat niet alle lichamen, of liever alle stoffen, even sterk door den dauw nat gemaakt worden. Bij het onderzoeken hiervan moeten wij er evenwel op letten of het minder bedauwde lichaam ook misschien minder dauw verkregen heeft, of, als er evenveel dauw op gevallen is als op andere naastliggende lichamen, of dat voorwerp ook den dauw, bij voorbeeld door opzuigen, weder heeft doen verdwijnen. Gepolijste metalen nemen veel minder dauw aan dan glas. Alle lichamen, zooals glas, zijde, hout, gras enz. die snel hunne eigene warmte afgeven en langzaam warmte opnemen, dat is dus die goede uitstralers, maar slechte geleiders der warmte zijn, worden met veel dauw bedekt, terwijl stoffen, zooals steenen en metalen, die tegenovergestelde eigenschappen hebben, slechts weinig bedauwd worden. Ook de mechanische toestand der lichamen is hierbij van invloed; houtspanen bij voorbeeld, worden sterker door den dauw bevochtigd dan een stuk hout.

Ofschoon het vallen van dauw meestal eerst na zonsondergang en zelden vroeger aanvangt, gaat het toch gedurende den geheelen nacht met vrij gelijke sterkte voort, ja na middernacht schijnt het nog in sterkte toe te nemen. Men kan zich daarvan gemakkelijk overtuigen als men, op verschillende uren van den zelfden nacht, voorwerpen van gelijken aard buiten legt.

Een andere voorwaarde der dauwvorming is, dat de luchtlagen die het dichtst bij de aarde, en met waterdamp bezwangerd zijn, plotseling sterk verkoeld worden, waardoor de waterdamp, dien zij bevatten, tot kleine waterblaasjes verdicht wordt. Die verkoeling gaat van de aarde uit, die na zonsondergang sneller dan de lucht hare warmte door uitstraling verliest, zooals wij boven reeds gezien hebben. Die warmteuitstraling van den aardbodem houdt bij bewolkten hemel en bewogene lucht geheel op, en daarmede vervalt ook tevens deze voorwaarde tot het ontstaan van dauw. Dat er somtijds 's morgens zooveel dauw op een weide ligt, dat men er eene vrij belangrijke hoeveelheid water van kan verzamelen, terwijl de daarnaast liggende, vastgetredene weg slechts weinig bedauwd is,

komt grootendeels door dat de tallooze grashalmen de oppervlakte der weide als 't ware duizendmaal vermenigvuldigen, en waarschijnlijk ook door dat de bladeren der planten eene grootere vatbaarheid dan de vastgetredene weg voor dauw hebben. Dat overigens het vallen van dauw ook in luchtlagen plaats heeft, die vrij hoog boven den aarbodem liggen, bewijzen de bedauwde daken van hooge huizen.

Als de temperatuur van de lucht lager wordt dan die van den onzichtbaren waterdamp, dien zij bevat, wordt de vochtigheid zichtbaar, en vertoont zich aan ons als mist, nevel, damp en dergelijke verschijnselen. Mist vertoont zich het meest langs den loop der rivieren, boven banken en ondiepten in zee, en vooral langs de zeekusten, duidelijk ten gevolge van de ongelijke warmtegraden van het nevens elkander liggende land en water. „In landen waar de bodem vochtig en warm is," zegt Kaemtz, „en de lucht vochtig en koud is, mag men veel dikke mist verwachten." Dit is het geval op vele plaatsen der aarde, en veelal een gevolg van warme zeestroomen, die langs de kusten loopen.

De stroomen van warm water in de zee, zooals de bekende Golfstroom, veroorzaken dikwijls een zwaren mist op koudere kusten, die zij bespoelen. De dikke mist die soms op Newfoundland en Groot-Brittanje rust, ontstaat daardoor. Het zelfde verschijnsel heeft men ook op andere plaatsen waargenomen, zooals op de Aleoeten, die op den weg liggen van den grooten stroom, welke, aan den Golfstroom gelijk, door het noordelijke gedeelte der Stille zee vloeit. De luitenant De Haven zag op zijn tocht ter opsporing van Sir John Franklin, boven het noordelijkste gedeelte van Wellington's kanaal, een dichte bank van mist, een waterlucht (*watersky*) rustende op de zee der Noordpool, die waarschijnlijk steeds open is en warmer dan de IJszee, door een onderzeeschen stroom, welks bestaan onder anderen door Dr. Kane in Straat Davis bewezen is.

De mist is soms zeer dik en zeer uitgestrekt. Niet zelden is hij zoo zwaar, dat men de zon met het bloote oog kan beschouwen. Zulk een mist bedekte bijna geheel Europa gedurende een maand lang, in 1783. In eene oude fransche geschiedenis, *Le Journal du Règne de Henri III*, leest men: „Op Zondag den 24[sten] Januari 1588 viel er zulk een dikke mist op de stad Parijs en hare omstreken, vooral van den middag tot den volgenden morgen, als er bij menschen geheugenis nooit een gezien was, want hij was zoo zwaar en dicht, dat men elkander in de straten niet kon zien, en men genoodzaakt was fakkels op te steken, om elkander te herkennen, hoewel het eerst drie uur was. Verscheidene wilde ganzen en andere vogels werden op de binnenplaatsen der huizen gevonden, geheel bedwelmd doordat zij al vliegende tegen schoorsteenen en huizen aangevlogen waren."

In streken waar het zelden regent, zooals bij voorbeeld te Lima en in den geheelen omtrek dier stad, is het soms, ten gevolge van bijzondere plaatselijke omstandigheden, een groot gedeelte van het jaar aaneen mistig: de vochtigheid

van dien mist maakt den bodem nat, en onderhoudt het leven der planten in die streken.

Niet zelden ziet men op de zee mist boven ondiepten, omdat, volgens Von Humboldt, het water dáár bijna altijd kouder is dan op ondiepe plaatsen. Die geleerde zegt, dat in de Stille zee de mistwolken soms nauwkeurig den vorm der ondiepten vertoonen.

In de woestijn van Sahara en andere zandwoestijnen is het nooit mistig, want de zeer drooge lucht op die plaatsen lost den waterdamp, dien hij bevat, volkomen op.

In alle boeken die over meteorologie handelen, wordt bij het spreken over mist en nevel ook steeds melding gemaakt van d r o o g e n m i s t. Drooge mist kan niet uit waterblaasjes bestaan, zooals van zelf spreekt: ook is hij meestal niets anders als een rook of walm, op een verwijderde plaats ontstaan en door den wind verspreid.

In Zwitserland geeft men den naam van *hale* aan een soort van rook, die soms den noordewind in den zomer vergezelt, en zich overal aan den horizon vertoont. Hij is nu eens grijs, dan weder ros van kleur, en de zon heeft, door dien mist gezien, een donkerroode kleur. De *callina* in Spanje is een dergelijke mist, die den hemel een loodkleur geeft.

Ook de v e e n r o o k in ons land is een drooge mist. Men noemt hem ook wel h a a r r o o k, en h e i d e b r a n d enz. Hij is niets anders als een rook, ontstaan door het branden van heidegronden in Westfalen, Munsterland en in het oosten van ons land. Die heidevelden worden in brand gestoken in het voorjaar, om daarna boekweit in de asch te zaaien. Dit geschiedt alle jaren op nieuw over eene oppervlakte van bijna 500 mijl, en maakt de lucht onder den wind voor vele menschen zeer onaangenaam.

De dikke drooge mist of rook die 1834 in Europa waargenomen werd, ontstond, volgens Kaemtz, door de vele veenbranden, die in dat jaar plaats hadden. Terwijl hij in Mei in den Harz voor het eerst waargenomen werd, stonden er groote uitgestrektheden veen in den omtrek van Basel en in dien van Orleans in brand. Het veen van Dachau in Beieren brandde tot eene diepte van drie meter af, en het vuur werd zelfs niet door vrij breede slooten gekeerd. Ook in Hanover en in den omtrek van Munster verbrandden toen onderscheidene veengronden. Later, in Juli, gebeurden er vreesselijke branden van bosschen en venen bij Berlijn, in Silezie, in Zweden en in Rusland, en de droogte bevorderde die branden zeer, alsmede de verspreiding van den rook.

Een zeer buitengewone drooge mist verspreidde zich in 1783 over geheel Europa en een gedeelte van Azie. Hij was zoo dik dat men op sommige plaatsen de voorwerpen op vijf minuten gaans niet kon onderscheiden, en men op den middag in de zon kon zien zonder verblind te worden.

Von Humboldt werd op den top van den Silla door een dichten mist omringd, die hem belette de dichtst bij zijnde voorwerpen te zien, doch waardoor zijne kleederen niet nat werden. De hygrometer toonde den hoogsten graad van droogte aan.

Men heeft ook een lichtgevenden mist waargenomen. In een brief aan ELIE DE BEAUMONT beschrijft de heer WARTMANN van Genevé zulk een vreemd verschijnsel, dat gedurende negen nachten aaneen bestaan bleef, namelijk van den 18den tot den 27sten November 1859. De maan, die nieuw was, kon natuurlijk niet tot het verschijnsel toedoen. Hoewel de mist zeer dik was, kon hij de aarde toch niet vochtig maken. Hij verspreidde licht genoeg om kleine voorwerpen binnenshuis te kunnen onderscheiden.

Wij kunnen niet over mist spreken zonder tevens onze aandacht te vestigen op de w o l k e n, want deze twee verschijnselen zijn zoo gelijk aan elkander, dat niemand de grenzen tusschen mist en wolken kan opgeven. Een mist die hoog in de lucht zweeft, noemen wij een wolk, en een wolk die op de aarde rust, noemen wij m i s t. Geen wonder dus dat wij, zonder afbreking, van eene beschouwing van den mist overgaan tot het spreken over wolken.

De toppen der bergen zijn veelal in wolken gehuld, voortbrengselen van de vochtige lucht, van den waterdamp die zich verdicht, naarmate hij tot in die koude streken opklimt. Niet zelden ziet men die wolken verdwijnen, zoodra zij zich van de bergtoppen verwijderen, en warmere luchtstroomen ontmoeten. „Dikwijls" zegt KAEMTZ, „trekken er donkere wolken snel over het klooster op den St. Gothard heen, en storten als dikke massa's in de diepe spleet, die men het Tremola noemt. Men zou denken dat geheel Lombardije in weinige oogenblikken onder een dikken mist begraven zou moeten zijn, maar als hij uit het dal Tremola komt, is hij reeds door de opstijgende warme luchtstroomen opgelost."

Als het zeer hard waait, ziet men soms de wolken schijnbaar onbewegelijk als aan de pieken en naalden der bergtoppen vastgehecht, terwijl het tusschen die pieken helder is. Het voorkomen van wolken die aan de toppen van hooge bergen als vastgehecht hangen, kondigt somtijds een storm aan, die bovendien meestal door goed waarneembare veranderingen in den toestand van den dampkring voorafgegaan en vergezeld wordt. Zoo voorspellen de bewoners van het Kaapland stormen, die in die streek zoo hevig kunnen zijn, als een dichte loodkleurige wolk zich rondom de toppen van hunne bergen en vooral op den Tafelberg vormt.

De mist die op de oppervlakte der aarde, in dalen of op de wateren ontstaat, wordt tot wolken als hij, door opstijgende luchtstroomen gedreven, naar boven trekt en in de lucht hangen blijft. Er ontstaan ook wolken onmiddellijk in de lucht, als twee luchtstroomen, die beiden met waterdamp beladen maar verschillend van temperatuur zijn, elkander ontmoeten.

Uit al het gezegde blijkt ons dus dat de wolken ontstaan door de zelfde oorzaken waardoor de mist ontstaat. Het voorkomen en de bewegingen der wolken zijn voor ons de voornaamste kenteekenen van de veranderingen die er in de lucht, ten gevolge van de verschillende graden van vochtigheid, warmte en electrische spanning in den dampkring, voorvallen.

Dikwijls ziet men verscheidene lagen wolken boven elkander, en in 't algemeen zijn de hoogsten het witste van kleur.

De temperatuur der luchtstreek waarin wolken drijven, kan verscheidene graden onder nul zijn, en het spreekt van zelf dat de wolken dan uit bevrorene waterdeeltjes bestaan, gelijk aan de fijne ijsnaaldjes die men 's winters, als het vinnig koud is, in den zonneschijn ziet schitteren.

Maar ook kunnen er warme stroomen in de lucht zijn. De opstijgingen met een luchtballon in den winter, eenigen tijd geleden door Glaisher in Engeland gedaan, waarover wij boven reeds even gesproken hebben, hebben bewezen dat op eene hoogte waar de temperatuur bij de zomeropstijgingen zeer laag was, een warme luchtstroom van zeven honderd meter dikte, met waterdamp beladen, gevonden werd, en dat hij, eenigen tijd later op de stad Londen nederdalende, haar in een dichten mist dompelde.

Door dergelijke waarnemingen wordt bewezen dat de hooge streken van den dampkring, gelijk de diepten van den oceaan, doortrokken worden door groote stroomen van een ongelijken warmtegraad, die zonder twijfel medewerken tot het bestaan van een kringloop in de atmosfeer, en die, soms tot op de oppervlakte der aarde afdalende, dáár de groote afwisselingen der temperatuur veroorzaken, die wij, door vlijtige waarneming van de verschijnselen, misschien eens in staat zullen zijn met voldoende zekerheid vooruit te zien en te voorspellen.

De oorzaken waaraan de wolken hare gedaanten en kleur en de hoogte waarop zij drijven, te danken hebben, zijn nog niet goed bekend. De dubbele invloed van de warme luchtstroomen, die bij dag van de aarde opstijgen, en van de horizontale stroomen, kan ons doen begrijpen waarom er in den dampring zichtbare dampmassa's hangen, die zwaarder zijn dan de middenstof waarin zij zweven. Volgens Fresnel maakt de warmte der zon, die in den boezem der wolken opgenomen wordt, er een soort van luchtbol van, die des te hooger stijgt hoe hooger de temperatuur is. Ten gevolge daarvan drijven in 't algemeen de wolken op den middag hooger dan 's avonds.

Jamin heeft bewezen dat de waterdeeltjes die samen een wolk vormen, druppeltjes en geen blaasjes zijn, en dat er, als zij slechts klein genoeg zijn, zeer weinig kracht noodig is om hen in de lucht te doen zweven. De kracht, die de wolk zwevende houdt, bestaat, volgens hem, in de verplaatsingen die de lucht bestendig ondergaat.

De engelsche natuurkundige Howard is de eerste geweest, die vier hoofdvormen van wolken onderscheiden heeft, namelijk: de vederwolk, *Cirrus;* de laagwolk, *Stratus;* de regenwolk, *Nimbus;* en de hoopwolk *Cumulus.*

Vederwolken, *Cirrus,* zijne losse en doorschijnende wolken, die op vederen gelijken, en zich steeds op een groote hoogte bevinden. Men ziet haar dikwijls in parallel loopende strooken, veelal van noord naar zuid, en niet zelden als een waaier uitgespreid. Onderscheidene meteorologen, zegt Martins, zooals Howard, Forster, Peltier en anderen, meenen dat de vederwolken als geleiders

tusschen twee plaatsen van ongelijknamige electriciteit dienen, en dat de buigzaamheid der geleidende wolken zoo groot is, dat zij eindelijk, ten gevolge van het er door heengaan der electrische vloeistoffen, recht van gedaante worden.

De witte kleur der vederwolken is een gevolg van de bevrorene waterdeeltjes of sneeuwvlokjes, waaruit zij bestaan. Naar haar voorkomen heeft men haar ook wel kattestaarten, paardestaarten, windboomen enz. geheeten. Meest altijd kondigen zij verandering van weer aan.

L a a g w o l k, *Stratus*, noemt men de lange horizontale wolkenstrook, van een donkere kleur en niet scherp van omtrekken, die zich dikwijls bij het ondergaan van de zon aan den westelijken horizon vertoont, en vooral op zomeravonden zich boven watervlakten en vochtige weiden vormt. Die wolkenstrook kan soms zoo groot en dik zijn, dat zij den geheelen hemel bedekt, doch regen geeft zij niet.

De r e g e n w o l k, *Nimbus*, is een ophooping van zwarte dichte wolken met uitgerafelde randen, die regen of storm aankondigt. Elke wolk die regen geeft, verandert altijd eerst in een nimbus.

De h o o p w o l k e n, *Cumulus*, zijn teekenen van mooi weer: hare witheid die tegen het blauw des hemels afsteekt, hare ronde of halfronde gedaanten en wel bepaalde omtrekken, maken haar zeer kenbaar. Aan den horizon opgestapeld, zien zij er dikwijls als hooge, met sneeuw bedekte bergen uit. Als men ziet dat zij donker van kleur worden, en als tevens de onderste laag zich tot een stratus verlengt, mag men regen verwachten.

De verspreiding der wolken in de verschillende breedtegordels van den aardbol, is niet nauwkeurig genoeg bekend om daaruit algemeene wetten te kunnen afleiden. Die verspreiding staat evenwel klaarblijkelijk in verband met de hoeveelheid regen, die er in elke streek valt; en dat de regen in onmiddellijke betrekking staat tot de vruchtbaarheid van den bodem, is algemeen bekend. Doch die vruchtbaarheid is niet aan den weldadigen invloed van den regen alleen die de velden besproeit, noch aan dien van de sneeuw die hen in den winter beschermt, te danken: de wolken, die zich als een sluier over de aarde uitbreiden, houden de oppervlakte warm en beschermen haar voor uitdrooging, en, zooals MAURY te recht opmerkt, „als hare taak op een punt volbracht is, worden zij door de winden naar elders gevoerd, om dáár de zelfde rol te spelen."

Vooral in den gordel der windstilte, omstreeks den evenaar, kan men den invloed der wolken op het klimaat en den plantengroei het best bespeuren. Terwijl in de streek der passaatwinden, ten noorden en ten zuiden van den evenaar, de lucht gewoonlijk helder of met kleine wolkjes bezaaid is, ziet men, integendeel, als men den gordel der windstilte nadert, de lucht betrokken en met dikke wolken bedekt worden, ontstaande door de met waterdamp beladene luchtmassa's, die door de passaatwinden onophoudelijk naar dien gordel heengevoerd worden. De zoo gevormde ophooping van wolken strekt zich als een ring, de *cloudring* van MAURY, rondom de aarde uit, verplaatst zich eenigszins zuidwaarts of noord-

waarts, beschut beurtelings de onderscheidene parallellen die hij bedekt, tegen de hitte der zon, en brengt er regen op bepaalde tijden.

De waterdamp in de lucht heeft zich dus nu aan ons vertoond eerst onzichtbaar, zoodat wij door den hygrometer en door sommige bekende verschijnselen moesten gewaar worden dat hij bestond; daarna hebben wij hem zien verschijnen als dauw, vervolgens als mist en wolken — wij moeten nu zien hoe het water niet meer in dampvorm, maar in druipend vloeibaren toestand weer op aarde nederdaalt, namelijk als regen.

Dat de regen uit wolken komt, behoef ik hier niet te verzekeren. Doch hoe komt het dat er regen uit de wolken valt? De wolken bestaan, gelijk wij weten, uit dampblaasjes of dampbolletjes, die zoo klein en licht zijn, dat zij in de lucht kunnen zweven. Het zweven of drijven van wolken in de lucht is, zooals wij boven zagen, te verklaren uit den wederstand dien de lucht biedt aan het nederdalen van die zoo buitengewoon kleine lichaampjes, alsmede uit de bewegingen die zij door de winden ontvangen. Maar die wederstand en dat overwinnen van de zwaarte hebben toch hunne grenzen. Worden de blaasjes groot genoeg, dan moeten zij vallen. Dit geschiedt eerder bij de geringe dichtheid der warme, dan bij de grootere dichtheid der koude lucht. Alle blaasjes die elkander aanraken, moeten tot druppels ineenloopen, en tevens moeten zij bovendien nog grooter worden, ten koste van den zich afscheidenden waterdamp uit de luchtmassa's, waar zij doorheen vallen. Zoo ontstaat de regen.

Het is bekend dat de grootte der regendruppels zeer verschillend is. In het algemeen zijn zij grooter in het warme jaargetijde en in warme gedeelten der aarde, dan in den winter en dichter bij de polen. Het grootst zijn wel de druppels van een onweêrsregen.

De massa water die uit de wolken op de aarde valt, is in de verschillende gedeelten der aarde zeer ongelijk, gelijk dat wel te verwachten is, naar het zoozeer verschillende gehalte aan waterdamp der lucht. In elke streek is het mogelijk, dat er water kan vallen. Bij groote afwisselingen der warmte in het eene of andere gedeelte der lucht, kunnen er zelfs in koude streken regendruppels, en in warme streken sneeuwvlokken vallen. In zulke gevallen die zich ook soms bij ons vertoonen, regent of sneeuwt het dan, terwijl de hemel helder is. Het is waar, op die wijze valt er slechts weinig water; zulke buien schijnen het tegendeel te vormen van de ontzaglijke massa's water, die in sommige streken tusschen de keerkringen en in sommige landen ook op gematigde breedten, vallen, en waarover ik straks uitvoeriger zal spreken.

De hoeveelheid van het nedervallende water is op zekere plaats in menig jaar zeer verschillend, doch door het bijeentrekken van geheele reeksen van jaren, ziet men dat het gemiddelde getal, de middenwaarde, nagenoeg gelijk blijft. In de warmste streken der aarde is wel het watergehalte der lucht het grootst, maar daarmede kan de hoeveelheid van het vallende water niet in overeenstemming staan, wijl hier de warmtewisselingen veel te zeldzaam zijn. In de koude

streken is het juist andersom, dáár is het wel is waar armoede aan waterdamp, maar door de groote koude worden die dampen zeer spoedig verdicht, en vallen als water naar beneden. Op gematigde breedten vindt men de beide groote voorwaarden tot het vallen van water vereenigd: groote hoeveelheden waterdamp en veelvuldige wisselingen der temperatuur. In het algemeen kan men stellen, dat de gemiddelde hoeveelheid van het jaarlijks vallende water met het afnemen der breedte toeneemt.

De volgende tafel toont aan hoe de hoeveelheid regen van de polen naar den evenaar steeds toeneemt:

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Te Petersburg, | op | 59° 56' | N.Br. | valt | in | het | jaar | gemiddeld | 34 | centim. |
| „ Upsala | „ | 59° 51' | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 28 | „ |
| „ Stokholm | „ | 59° 20' | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 34 | „ |
| „ Kopenhagen | „ | 55° 41' | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 34 | „ |
| „ Berlijn | „ | 52° 31' | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 38 | „ |
| „ Londen | „ | 51° 31' | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 38 | „ |
| „ Parijs | „ | 48° 50' | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 40 | „ |
| „ Genève | „ | 46° 32' | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 56 | „ |
| „ Triëst | „ | 45° 38' | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 64 | „ |
| „ Venetie | „ | 45° 28' | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 60 | „ |
| „ Viviers | „ | 44° 29' | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 67 | „ |
| „ Genua | „ | 44° 23' | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 100 | „ |
| „ Napels | „ | 40° 50' | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 70 | „ |
| Op Martinique | „ | 14° 36' | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 162 | „ |
| „ St. Domingo | „ | 13° | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 200 | „ |
| Te Granada op de Antillen | „ | 12° | „ | „ | „ | „ | „ | „ | 252 | „ |
| Tusschen de keerkringen gemiddeld | | | | | | | | | 230 | „ |

Niet minder dan naar plaatselijke toestanden verschilt het vallen van regen naar de jaargetijden, zoodat men bijna voor elke plaats of streek van een vasten regentijd kan spreken. Voor het midden van Duitschland is in het algemeen de zomer, namelijk Juni en Juli, de regentijd; voor Milaan en Padua de herfst; voor Turijn de lente. De maand die het armste is aan regen en sneeuw, is voor Duitschland Januari, 2 centimeter, de rijkste Juni, 5 centimeter.

Het spreekt dus van zelf dat de hoeveelheid regen die in een jaar valt, grootelijks verschillen moet in de onderscheidene gedeelten der aarde, en dus ook zeer verschillende uitwerkselen moet hebben: zware regenbuien, immers als zij niet zoo hevig zijn dat zij de teelaarde spoelen van de onderliggende gesteenten, zijn voordeelig in heete, en zachte buien gunstig in gematigde landstreken. In ons land wisselt de hoeveelheid regenwater in het jaar af tusschen de 48 en 120 centimeter, terwijl in de keerkringstreken het gemiddelde 230 centimeter is, zooals wij uit bovenstaand lijstje gezien hebben. Meer dan die hoeveelheid evenwel

is er toch ook opgeteekend, namelijk 460 in Suriname; 520 in Brazilie; 600 op eene hoogte van 1400 meter in de westelijke Ghauts ten zuiden van Bombay; en meer dan 1200 centimeter zijn door goede waarnemers opgeteekend in de Khariabergen in Bengalen. Op diezelfde bergen zag Dr. HOOKER in 24 uren 60 centimeter regen vallen; 40 centimeter in het zelfde tijdsverloop heeft men te Cayenne opgeteekend; en 46 centimeter in een etmaal zijn niet zelden te Port Jackson in New-South-Wales waargenomen.

Als wij dit alles nu in acht nemen, en daarbij ons tevens herinneren wat wij in de vorige hoofdstukken over de vochtigheid en de warmte in de atmosfeer, over winden en stroomingen in de lucht gezegd hebben, dan zeker behoef ik den lezer thans niet uitvoerig te verklaren:

1. Waarom er veel regen in zware buien valt, binnen de zoogenoemde streek der windstilten, waar de verdamping zeer groot en de temperatuur dikwijls zeer veranderlijk is.

2. Waarom het zelden regent op zee in de streek van de passaatwinden.

3. Waarom de regen in de streek der moessons op vaste tijden valt, en het jaar in twee tijden, een droogen tijd en een regentijd, verdeeld wordt.

4. Waarom de regen op hoogere aardbreedten niet op vaste tijden komt, maar het vallen van regen onregelmatig over het geheele jaar verdeeld is.

5. Waarom sommige streken, zooals de binnenlanden van Afrika en Azie en de kust van Peru, bijna geheel regenloos zijn.

6. Waarom het in sommige streken bijna altijd regent, zooals in Guiana, terwijl er in andere streken slechts nu en dan hevige regenbuien vallen, maar die dan ook in eenige uren zooveel water aanbrengen, als op andere plaatsen in den loop van vele maanden.

Hoewel ik geloof, gelijk ik zoo even zeide, dat dit alles geen verklaring meer behoeft, zal het toch zeker niet ongepast zijn nog eenige bijzonderheden en waarnemingen betreffende die zes bovengemelde feiten mede te deelen.

Het vallen van regen op aarde kan in drie afdeelingen verdeeld worden: het p e r i o d i e k e r e g e n e n in de keerkringstreken, het a f w i s s e l e n d r e g e n e n op de hoogere aardbreedten, en het a b n o r m a l e r e g e n e n in zekere streken, waar òf in overmaat regen valt, òf waar hij volkomen ontbreekt. Tusschen de keerkringen begint het regenseizoen met het veranderen van de moessons, en daar die verandering van den stand der zon afhangt, begint het eerder in de streken die dicht bij den evenaar gelegen zijn, dan in die er verder af liggen. In 't algemeen kan men zeggen, dat de regentijd op de noordelijke helft van den keerkringsgordel begint in het eerst van April en tot October duurt, terwijl het drooge seizoen van October tot April duurt. Op het zuidelijke halfrond is het omgekeerde het geval — het drooge seizoen duurt van April tot October, en de regentijd van October tot April. In Afrika, bij voorbeeld, bij den evenaar begint de regentijd in April en houdt vol tot October, terwijl hij in Senegambie niet voor Juni begint, en dan tot November duurt. In Indie, op de kust van Malabaar, begint het in het eerst van Mei te regenen, doch eerst in

het laatst van Juni begint de regentijd te Delhi. In het oosten van Amerika valt de regen in het eerst van Maart, maar verschijnt zelden voor het midden van Juni in Californie.

Ten opzichte van de periodiciteit van het drooge en het natte jaargetijde tusschen de keerkringen, vinden wij bij Guyot de volgende opmerkingen: Als de passaatwind waait met zijne gewone geregeldheid, blijft de hemel standvastig helder en donkerblauw van kleur, vooral als de zon op het andere halfrond is: de atmosfeer is droog en wolkenloos. Maar naarmate de zon het zenith nadert, wordt de passaatwind ongeregeld, de lucht krijgt een witachtige tint, wordt betrokken, er vertoonen zich wolken, en dezen worden weldra gevolgd door regenbuien van storm vergezeld. Die buien komen hoe langer hoe meer opzetten, en gaan ten laatste in stortbuien over, die stroomen water over de aarde uitgieten. De lucht is in dezen tijd zoo vochtig, dat de menschen in een onafgebroken dampbad leven. De warmte is zwaar en verstikkend: het lichaam wordt loom en slap: dit is de tijd waarin de endemische koortsen heerschen, die zooveel uit gematigde streken afkomstige menschen doen sterven. Maar de plantengroei krijgt door die regens een nieuwe frischheid en kracht, zelfs de woestijn wordt bezield, en wordt gedurende eenige maanden bedekt met een prachtig plantenkleed, dat voedsel voor duizende dieren oplevert. Doch dan duurt het ook niet lang meer of de zon, voortgaande op haren weg, zendt hare stralen weer verticaal naar beneden, de regen vermindert, de lucht wordt weer helder, de passaatwind begint weer geregeld te waaien, en de hemel sluit zijne sluizen tot het volgende seizoen. Zoo gaat het met den tropischen regentijd. Overal valt regen gedurende den doorgang van de zon door het zenith. De hitte is dan zoo groot, dat de opstijgende luchtstroom den horizontalen passaatwind belet te waaien. De hitte stuwt den waterdamp tot hoog in de lucht, tot de bovenste grenzen van den passaatwind, waar hij verdicht wordt, en als een zondvloed van water naar beneden terugkeert.

Tusschen de keerkringen wordt natuurlijk, even als overal elders, de regelmaat van de periodieke regens afgebroken door den vorm van het land, bergketenen en dergelijke oorzaken, en vandaar de bijzonderheden die de tijden zoowel als de mate van de natte en drooge seizoenen kenmerken van sommige streken, zooals de oostkust van Afrika, de Roode zee, de kust van Malabaar, die van Coromandel, en de kusten van Nieuw-Holland. Op de kust van Malabaar, bij voorbeeld, zegt men van den zuidwest-moesson — die uit de vochtige luchtstreken van de keerkringszee komt, om de plaats in te nemen van de zeer verdunde lucht van het verhitte vasteland — dat hij ingeleid wordt door vreesselijke stormen met donder en bliksem. Het water valt in stroomen naar beneden, en als de donder opgehouden heeft, hoort men verscheidene dagen aaneen niets anders als het ruischen van den vallenden regen en het razen van gezwollene rivieren en stroomen. Met eenige dagen bedaart de storm, en de aarde die te voren geblakerd werd door de gloeiende atmosfeer van het drooge jaargetijde, is nu als door tooverij met het schoonste groen versierd, de lucht is zuiver en

balsamiek, en prachtige witte keerkringswolken zweven rustig in de lucht. En zoo valt de regen bij tusschenpoozen gedurende een maand lang, maar dan keert hij met vernieuwde hevigheid terug. In Juli bereikt het regenen zijn hoogste punt, en neemt van dien tijd trapsgewijze af tot het laatst van September, en dan eindigt het seizoen zooals het begonnen was, met storm en onweer.

Op de oostelijke kust van Indie, of die van Coromandel, is het juist het tegenovergestelde. De zuidwest-moesson, gaande over de westelijke Ghauts en het tafelland van Deccan, verliest al zijn vochtigheid, en komt als een heete, drooge wind op de kust, en niet voordat de noordoost-moesson begint te waaien, in October, begint de regentijd op de kust van Coromandel.

Buiten de keerkringen regent het niet op vaste tijden, maar wordt de regen veranderlijk, dat is, wordt over het jaar verspreid, op een zeer ongeregelde en onzekere wijze. In sommige streken regent het veelal in den winter, in anderen in de lente en den herfst, en in nog anderen het meest in den zomer. Zoo, bij voorbeeld, valt er in het westen van Engeland in den winter eene acht maal grootere hoeveelheid regen dan in den zomer; in Duitschland zijn de winter- en zomerhoeveelheden ongeveer gelijk, en te Petersburg is de regen in den winter weinig meer dan een derde gedeelte van die in den zomer valt. In Engeland zijn meer regendagen in den winter dan in den zomer, maar in Siberie regent het viermaal vaker in den zomer dan in den winter. De europeesche kusten van de Middellandsche zee krijgen den meesten regen in den winter, terwijl in ons land het meeste regenwater in den herfst valt. In Europa, ten noorden van de Alpen, is de noordoostewind, als uit hoogere en koudere breedten komende, betrekkelijk droog, terwijl de zuidwestewind, over den Atlantischen oceaan komende, warm en met vochtigheid beladen is. Op de oostkust van Noord-Amerika is juist het tegenovergestelde het geval; de noordoostewind, over de zee komende, geeft dáár aanleiding tot de langdurige regens in den herfst en de lente.

Verder moeten wij opmerken, dat op elke aardbreedte de regen het overvloedigste valt in den omtrek van hooge bergen, die op den weg van de met vochtigheid beladene winden liggen. De gemiddelde hoeveelheid in het zuiden van Europa is omstreeks 70 centimeter, maar te Tolmezzo, in de Alpen, waar de vochtige zuidwestewind van de Middellandsche zee verdicht wordt, bedraagt de hoeveelheid 80 centimeter. De toppen der Apennijnen ontvangen 125 centimeter regen, terwijl de vlakten daar omheen gemiddeld slechts 50 centimeter ontvangen, en terwijl de noorweegsche zijde van de skandinaafsche bergketen, blootgesteld aan de met waterdamp beladene zeewinden, omstreeks 160 centimeter regen ontvangt, krijgt de zweedsche zijde weinig meer dan 40 centimeter.

Gelijk sommige streken bekend zijn door het vele regenwater dat er valt, zijn anderen opmerkenswaardig door een volkomen gebrek aan regen. Van die regenlooze streken zijn de voornaamsten de groote woestijnen van Afrika, Arabie, Perzie en Mongolie — een bijna onafgebrokene woeste landstreek, afwisse-

lende in breedte van den 15den tot den 47sten parallel, en in lengte van 16° westerlengte tot 118° oosterlengte. Behalve op hare randen is deze groote ruimte volkomen zonder regen, hare verhitte atmosfeer slorpt snel op, en verandert in onzichtbare dampen alle vochtigheid, die er uit omliggende streken heen gevoerd mag worden.

Wij mogen ons niet langer met eene beschouwing van den regen bezig houden: er zijn nog eenige andere verschijnselen van de atmosfeer, die wij even moeten vermelden, voordat wij ons meer uitvoerig bezig houden met de sneeuw, die in des te grootere mate onze aandacht vordert. Ik bedoel de rijp, de hagel, krot enz.

Wat dauw is weten wij: Daalt de warmte van den bodem en van de planten beneden den graad waarop de lucht met waterdamp verzadigd kan blijven, dan moet het overschot van den waterdamp, hetwelk met den bodem en de planten in aanraking komt, verdicht, en als water afgescheiden worden. Is de warmte van de verkoelende lichamen daarbij boven het vriespunt, dan wordt hunne oppervlakte, zooals wij boven zagen, met waterdruppels, met dauw, bedekt. Staat de warmte daarentegen beneden het vriespunt, dan worden de lichamen met ijsnaaltjes, met r ij p, bedekt, die de boomen soms zoo heerlijk versiert. Het dauwt en rijpt, vooral bij heldere lucht, in nachten waarin de bodem door uitstraling bijzonder sterk afkoelt. Rijp is dus niets anders als bevrorene dauw.

Ook de mist bevriest somtijds, namelijk als de warmte der lucht beneden het vriespunt is gezonken, dan vormen zich, in plaats van nevelblaasjes uit den waterdamp der lucht, zeer kleine ij s n a a l d j e s. Zeer koude nevels en wolken bestaan uit zulke naaldjes, en de wolken die zeer hoog zweven zonder twijfel altijd.

Vallen er regendruppels, die boven in de lucht ontstaan zijn, door zulke wolken van ijsnaaldjes heen, die, door een kouden wind verwekt, soms zeer laag kunnen zweven, dan bevriezen de regendruppels, maar vervullen en omhullen zich gelijktijdig met eene menigte ijsnaaldjes, die zij in het vallen treffen. Zulke losse, op druppels en tevens op sneeuwvlokken gelijkende ijshoopjes noemt men k r o t.

Worden de vallende regendruppels daarentegen, zonder eene wolk van ijsnaaldjes aan te treffen, door eene lucht gevoerd welker warmte beneden het vriespunt staat, dan bedekken zij zich met eene korst van ijs. De gassen die zich uit het bevriezende water afscheiden, lossen zich des te meer in het water van binnen op, hoe meer het afgekoeld wordt. De ijskorst bestaat uit kristallen van zeszijdige vlakken, die binnenwaarts aanwassen, en zoo zeszijdige naaldjes vormen, die naar het middenpunt van de druppel wijzen. Bevriest dan ook de binnenste watermassa, dan worden de daarin verzamelde gassen vrij, en door de warmteontwikkeling, die steeds met den overgang van het water uit den vloeibaren toestand in den vasten gepaard gaat, krachtig uitgezet, zoodat zij meestal

het ijskogeltje doen barsten. De brokken vallen dan op de aarde: zij vormen den h a g e l.

Als de hagel door zwaar geladene regenwolken heen valt, welker warmte zeer nabij het vriespunt staat, dan geven de vallende ijslichaampjes gelegenheid aan de regendruppels om te bevriezen. Alle druppels, die door een hagelkorrel getroffen worden, omhullen hem met nieuwe ijskorsten, en zoodoende verkrijgen de ijsbrokken soms eene zeer aanzienlijke grootte. Zij vormen dan de zoogenoemde h a g e l s t e e n e n, die niet zelden zoo groot als een noot, maar somtijds ook zoo groot als eene vuist zijn, en door hun nedervallen niet zelden vreesselijke verwoestingen aanrichtten.

De hagel bestaat dus altijd uit echt ijs. De korrels zijn meestal rond of eivormig, maar zelden volkomen rond van gedaante, want dikwijls zijn zij tamelijk vormloos en met stompe hoeken, of wel met scherpe kanten. Bij het opgeven van de grootte der hagelkorrels heeft de schrik van den armen landman hem wel eens eene overdrijving doen begaan: verscheidene van die verhalen grenzen aan het onmogelijke. Met recht is er op gewezen, dat men de zwaarte der hagelkorrels dikwijls te hoog aanslaat. Als men van hagelkorrels spreekt, die 16 hectogram wogen, dan moeten dat ware ijsklompen geweest zijn, daar TESSIER bevond dat een hagelkorrel ter grootte van een hoenderei, slechts 4 hectogram woog.

Mist die dicht bij den grond zweeft, ontstaat het meest wanneer de aarde of het water warmer is dan de lucht. Het verdampende water stijgt als waterdamp op, en wordt weder verdicht. In koude streken en in den winter ontstaat onder zulke voorwaarden, vooral op zee of op meren, de zoogenoemde ij s n e v e l. In de IJszee vormt die ijsnevel bij windstilte en heldere lucht soms eene wolk van 40 meter dikte, die als een dichte rijp het touwwerk der schepen bedekt.

En wat is nu s n e e u w? Als de temperatuur van eene wolk nabij het vriespunt of wel daaronder staat, vormen er zich geen druppels, maar de waterdampen sluiten zich als kristallen aan elkander, bijna op gelijke wijze als bij de rijpvorming, waarbij echter altijd een vast punt van aanhechting voor de aanschietende kristallen noodig was, wat hier niet het geval is. Zulke kristalletjes van water, tot groepjes vereenigd, noemen wij s n e e u w. Zeldzaam is het zeer koud als er sneeuw valt, en sneeuwbuien bij — 16° tot 18° R. zijn als groote zeldzaamheden aangeteekend geworden. Die zeldzaamheid is echter niets wonderlijks, maar integendeel gemakkelijk te verklaren, daar het ons bekend is, dat er in koude lucht minder waterdamp voorhanden moet zijn dan in warme. Als er bij eene groote koude sneeuw valt, wordt die waarschijnlijk door het stroomen van een warmer en daardoor vochtiger gedeelte der lucht in een kouder veroorzaakt. Meestal is de temperatuur als het sneeuwt tusschen — 4° tot 5° R. Bij eene grootere koude zijn de ijskristallen meestentijds klein en onvolkomen gevormd, terwijl eene sneeuwbui bij eene temperatuur

van 1° zelfs tot 2½° R. boven nul, groote, schielijk smeltende sneeuwvlokken levert.

Terwijl de kristallen bij de gewone ijsvorming, wegens de snel voortgaande kristallisatie, gewoonlijk uiterst zeldzaam regelmatige vormen aannemen, zijn de sneeuwvlokken integendeel meestal zeer regelmatige kristallen, of ophoopingen van kristallen, waarbij steeds hoeken van 60° of 180° voorkomen.

Zeer nauwkeurige waarnemingen over de gedaante der sneeuwvlokken zijn bijna een halve eeuw geleden door den Engelschman Scoresby in de noordelijke IJszee gemaakt. Hij neemt vijf hoofdvormen aan: 1) dunne blaadjes; 2) vlakke of kogelvormige kernen met getakte kanten; 3) fijne spiesen of zeszijdige prisma's; 4) zeszijdige pyramiden; en 5) spiesen waarvan het eene uiteinde of wel beiden in het middenpunt van een dun blaadje gestoken zijn. Bij het ontstaan van deze gedaanten zal misschien de electriciteit, maar zeker de temperatuur der lucht van invloed zijn.

De fraaiste sneeuwvlokken komen voor in het gebied van den eersten dezer vijf grondvormen van Scoresby. Het zijn de sierlijke sterretjes, die voornamelijk bij eene temperatuur die op of minstens weinig onder het vriespunt staat, vallen.

In een vlak land als ons vaderland weten wij eigenlijk niet wat sneeuw is. Om sneeuw te zien, moeten wij naar de toppen van hooge bergen of wel naar de poolstreken der aarde gaan. Dáár valt de sneeuw zoo dik dat wij, bewoners van meer gematigde aardbreedten, ons niet kunnen verbeelden wat dáár de gevolgen van een sneeuwstorm zijn. Het voorkomen en uitzicht van het land wordt geheel veranderd, kuilen en diepe dalen worden gevuld, hooge witte heuvels staan er waar vroeger eene vlakte was, sneeuwmuren en wallen van sneeuw liggen als opgestapeld, als vestingen van sneeuw zien zij er uit, en de wind waait er gaten en groeven in, en maakt er punten en pieken op.

In zulke koude streken der aarde, waaraan door den wind luchtstroomen toegevoerd worden die rijk aan waterdamp zijn, vallen nu en dan buitengewoon groote massa's sneeuw. Dat is vooral in de gebergten van gemiddelde en lage breedten het geval, en dáár vormen zich die ontzettende hoopen sneeuw, die blijven liggen, totdat zij in bergijs veranderen. Als het stil is, hoopt de sneeuw zich zelfs op sterk hellende vlakten in menigte op: zoodra echter eene windvlaag of een van boven afrollend steentje eene beweging verwekt, deelt deze zich aan de geheele massa mede, die nu als eene stuivende wolk naar beneden glijdt, en het dal opvult. Zulke naar beneden rollende sneeuwmassa's heeten sneeuwvallen of lauinen.

Laat ons die lauinen iets nauwkeuriger beschouwen. Zij verdienen onze opmerkzaamheid wel degelijk.

Het is gemakkelijk na te gaan, dat de temperatuur die er in de streken waar veel sneeuw valt, heerscht, van grooten invloed moet zijn op de wording en den toestand der sneeuwvallen. Als het zeer koud is, ziet men de jongens op straat niet met sneeuwballen werpen, omdat dan de sneeuw niet balt. Zoo

moet het ook in de sneeuwstreek zijn, en men onderscheidt daarom de sneeuwvallen in kouden en warmen. Doch meer gewoon is de onderscheiding der sneeuwvallen naar hunne wijze van ontstaan, en naar hunne uitwerkselen.

Het ontstaan der sneeuwvallen is niet zoo van het toeval afhankelijk als wij, vlaktemenschen, ons dat verbeelden, want op vele plaatsen heerscht daarin eenige regelmatigheid. Natuurlijk draagt daartoe de helling der rotsmuren en de rijkdom aan sneeuw van het jaargetijde, het meest bij. Daarom let men daarop bij het bouwen van woningen op de bergen, en worden zulke onveilige plaatsen vermeden. De Alpenbewoner ziet niet zelden het aanstaande nedervallen of losbreken van een sneeuwval vooruit, en keert dikwijls op een verren marsch, dicht bij zijn doel, weder om, en slaat liever een omweg in: hij weet, dat zijne voetstappen een sneeuwval aan zijne zijde kunnen verwekken.

Dit is vooral het geval met de zoogenoemde stuifsneeuwvallen, die voor de gevaarlijksten doorgaan, en waarover wij straks uitvoeriger zullen spreken. Zij vertoonen zich vooral bij hevige koude als de wind, bij aanhoudend sneeuwen, groote sneeuwhoopen tegen steil afloopende rotswanden aangewaaid heeft. Men noemt hen ook wind- of slagsneeuwvallen, daar hun eene vreesselijke luchtdrukking vooruitgaat, die alleen reeds in staat is om boomen en hutten omver te werpen. Daar hun nederstorten niets anders is als het afglijden van groote sneeuwmassa's, heeft men op niet al te gevaarlijke plaatsen, met goed gevolg, aan den ondersten rand van zulke glijplaatsen of glippen, hooge dammen van steenen opgericht. De heilige bosschen onzer voorouders vinden op de Alpen hunne tegenhangers in die dammen, die men dáár *Bannwäldern* heet: zij zijn even onschendbaar, en dienen tot beschutting van het daar beneden liggende dal voor den drang der sneeuwvallen. En toch breken de sneeuwvallen somtijds door die dammen heen, en laten er breede kloven met opgeretenen bodem in achter. Zulke bewijzen van de kracht der sneeuwvallen noemt de Zwitser *Lauizug*, de Tiroler *Lahnenrunst*. Trekt de sneeuwval over het nauwe bed van eene beek heen, dan vult hij dat op met vaste sneeuw, waar de beek langzamerhand weder doorheen boort, zoodat er eene sneeuwbrug ontstaat, die ten laatste meestal weder verdwijnt, maar alle jaren op de zelfde wijs vernieuwd wordt. Liggen zulke sneeuwbruggen hoog genoeg in de nabijheid der sneeuwgrens, dan blijven zij langen tijd in wezen, en SCHLAGINTWEIT vermeldt er eene, die zich 73 jaar lang goed gehouden had. ROSSMAESLER vond achter in het Lauterbrunnendal het overschot van een sneeuwbrug, namelijk de eene, tot een breeden kegel gesmoltene zijde daarvan, die ook zeer oud moet zijn geweest, want de sneeuw was geheel en al met een zwartgrijs puin bedekt, waarin reeds bergplanten wortel geschoten hadden.

Die vorm van den sneeuwval, waarin wij ons hem gewoonlijk voorstellen, en wel als zinnebeeld der verwoesting, de rol- of grondsneeuwval, is niet minder schadelijk dan de stuifsneeuwval. Hij ontstaat bij zacht weder, als de sneeuw balt. Maar zulk een rolsneeuwval is geenszins altijd een enkele, ont-

zettend groote sneeuwbal, waarin wij ons verbeelden dat de boomen en rotsklompen en huizen, die hij op zijnen weg omvergerukt heeft, vast steken als spelden in een speldekussen. Slechts zeldzaam wordt zulk een sneeuwbal 10 tot 15 meter groot, en veel meer bestaat de rolsneeuwval uit een stroom van tallooze kleine ballen, die 20 tot 40 centimeter gewoonlijk niet te boven gaan. Die ballen zijn daarbij, door tegen elkander aan te stooten en te wrijven, ongetwijfeld aan zekere wisseling van vorm en omvang onderworpen, wat hunne beweging matigt; zoodat men zulke sneeuwvallen, als hun nederstorten niet door een zeer hellend vlak begunstigd wordt, in vele gevallen kan ontloopen. Zij doorloopen omstreeks 2 tot 3 meter in de seconde. De verwoesting die zij aanrichten, is gedeeltelijk van de gesteldheid van den bodem, waarover zij rollen, afhankelijk. Is hij vochtig en niet bevroren, dan raapt de sneeuwval de teelaarde volkomen tot op den steenachtigen ondergrond, mede weg: er wordt daardoor een belangrijk nadeel aan de akkers toegebracht.

Zwitsersche geleerden vooral hebben een grondige studie van het vreesselijke natuurverschijnsel gemaakt, dat onder den naam van lauine bekend is. Zij onderscheiden de vijf volgende soorten:

1°. Grondlauinen, *Avalanches de fond, Grundlauinen.* Dit zijn massa's sneeuw, die door het indringen en opzuigen van regen- of smeltwater los geworden zijn van den grond, waarop zij rustten, en zoodoende gaan glijden. Deze soort van sneeuwval wordt voornamelijk in het begin van den zomer waargenomen, en is in 't algemeen niet zeer gevaarlijk, omdat in de Alpen de plaatsen bekend zijn waar de sneeuw tijdelijk los wordt, en omdat men de omstandigheden kent, waardoor het losgaan bevorderd of vertraagd wordt.

2°. Glijdlauinen, *Avalanches rampantes, Schleichlauinen.* Dezen komen voor op flauwe, met sneeuw bedekte hellingen, en meestal aan de zuidzijde der bergen. Zij glijden langzaam naar beneden, vergrooten zich door de sneeuw, die zij op hun weg aantreffen, en hoopen zich op achter de beletselen, zooals rotsblokken enz., die zij ontmoeten, totdat deze laatsten voor het gewicht der sneeuw bezwijken, of totdat de sneeuw zich in twee deelen splitst, die dan elk langs een anderen weg verder naar beneden glijden.

3°. Slaglauinen, *Avalanches tuiles, Schlaglauinen.* Dit zijn de gevaarlijksten van allen, omdat zij zoo snel naar beneden storten. Zij komen voor in die gedeelten van de bergen, waar eene flauwe helling overgaat in een steilen rotsmuur. De opeengestapelde sneeuwmassa's glijden langzamerhand tot aan het benedeneinde van het hellende vlak, en schuiven zelfs over den kruin van den rotsmuur heen, totdat hun gewicht, of wel een geringe beweging van de lucht, een windvlaag, een schreeuw, het schot van een vuurwapen of iets dergelijks, de oorzaak van hun nederstorten wordt. Zulke slaglauinen verspreiden dood en verwoesting, waar zij nederkomen. Daar zij niet zelden van zeer groote hoogten vallen, is de beweging, die zij aan de lucht mededeelen, somtijds zoo groot dat daardoor menschen en zelfs huizen omvergeworpen worden, en dit niet slechts in de nabijheid, maar zelfs op vrij grooten afstand van de plaats

waar zulke lauinen zich vertoonen. Sommige Alpenpassen, zooals de Schoellenen op den weg over den St. Gothard, het dal van Tremola, de Grimselpas en anderen, zijn gevaarlijk door de sneeuwvallen, en vele kruizen merken dáár de plaatsen waar slachtoffers der lauinen begraven zijn.

4°. Zomerlauinen, *Avalanches d'été*, *Sommerlauinen*. Dezen vallen slechts in de hoogste streken der gebergten. Als men van verre zulk eene sneeuwmassa snel naar beneden ziet rollen, en tevens een wolk van eene schitterende witheid om zich heen verspreidende, kan men zich verbeelden dat een zilveren stroom als een waterval naar beneden stort. Gedurende het vallen neemt de zomerlauine in grootte toe, en gelijk alle andere sneeuwvallen gaat zij vergezeld van een dof geruis, dat den bergbeklimmer waarschuwt. Zomerlauinen ziet men veelvuldig op den Scheideck in het Berner Oberland.

5°. Stuiflauinen, *Avalanches poudreuses*, *Staublauinen*. Als de temperatuur tot 12 of 14 graden beneden 0 op den honderd-deeligen thermometer is, wat op de Alpen niet zelden gebeurt, wordt de sneeuw los en als stof. Als er zich uit zulke tot stof gewordene sneeuw een lauine vormt, heeft hij natuurlijk geheel andere gevolgen als eene lauine uit vaste sneeuw gevormd. Het is slechts stof dat in de lucht zweeft, en te licht is om, nedervallende, door zijn gewicht schade te kunnen doen. Maar de gevaren voor den reiziger, die door zulk een stoflauine overvallen wordt, zijn niet minder groot dan indien het een slaglauine was. De hevige stormwinden, die niet zelden in de Alpen heerschen, doen de losse sneeuw opstuiven, en verdeelen haar hoe langer hoe meer in kleine kristalletjes; dan zijn de sneeuwwolken overgeleverd aan de geringste beweging in de lucht, zij zweven boven de toppen der bergen, zelfs al is er schijnbaar geen wind, maar als een orkaan er mede speelt, vormen zij vreesselijke sneeuwhozen en dwarrelende wolken, die meer menschenlevens eischen dan elke andere soort van sneeuwval. Men kan zulke sneeuwstormen niet beter vergelijken dan bij de zandstormen in de groote woestijnen van Afrika en Azie, met dit verschil echter dat de ongelukkige reiziger in het eene geval omkomt door koude, en in het andere door de hitte van het gloeiende drooge zand.

Vooral in de lente als het begint te dooien, zijn de sneeuwvallen het meest te vreezen: later, in den zomer, komen zij gewoonlijk slechts in de hoogste streken voor, en zijn derhalve minder gevaarlijk. Als men genoodzaakt is in de lente passen over te trekken, namelijk als de jaarlijksche sneeuwvallen nog niet gevallen zijn, is het zaak om vele voorzorgen te nemen. In dien tijd van het jaar vormen de reizigers kleine groepjes, die op eenigen afstand van elkander voortgaan, opdat in geval van ongelukken, de niet getroffenen de anderen zouden kunnen helpen. Op de gevaarlijkste plaatsen neemt men de schelletjes van de hoofdstellen der paarden en ezels af, gaat 's morgens vroeg op weg, voordat de zon opkomt, en trekt men in de grootste stilte voort, om de lauine niet wakker te maken, gedachtig aan het vers van den dichter, dat hier volgt:

Und willst Du die schlafende Lauin nicht wecken,
So wandle still auf der Strasse der Schrecken.

Niet zelden neemt men ook de voorzorg om een pistool af te schieten, voordat men een bekende gevaarlijke plaats betreedt, want door de dreuning der lucht tengevolge van het schot, beginnen de sneeuwhoopen te vallen, die op het punt van naar beneden te storten waren, en komen dus tot rust voordat de reiziger zich op die plaats bevindt.

Sommige dorpen en steden van Zwitserland worden door hooger gelegene bosschen voor de sneeuwvallen beschermd, en strenge wetten verbieden het rooien van het hout op die plaatsen. Op andere plaatsen heeft men, zooals wij zooeven reeds gezegd hebben, boven de huizen die aan sneeuwvallen blootgesteld zijn, steenen dammen gebouwd met een punt naar de bergen, opdat de sneeuwval zich daarop als te barsten zou stooten, en in stukken naar beneden glijden. En over sommige gevaarlijke passen, zooals over den Splugen en anderen, heeft men gewelven gebouwd om den reiziger voor het gevaar der lauine te beveiligen, zooals wij op bovengenoemde bladzijde ook reeds gezien hebben.

De geschiedenis spreekt van vele verwoestingen en ongelukken in de Alpen, door sneeuwvallen aangericht. Eenige bijzonderheden daarvan mogen hier volgen:

In 1478 werden zestig zwitsersche soldaten te gelijk door een lauine begraven, en werden niet weder gevonden.

In 1499 werden vierhonderd oostenrijksche soldaten te gelijk door een sneeuwmassa bedolven, doch het gelukte, hen er levend uit te halen.

In 1500 begroef een sneeuwval op den St. Bernard een honderdtal menschen.

In 1624 viel er een lauine van den berg Cassedra, die driehonderd menschen begroef.

In de maand Februari 1720 werden te Obergestlen in Walliserland honderd en twintig huizen vernield, en daarbij kwamen vier en tachtig menschen en vier honderd beesten om het leven.

In 1749 nam een sneeuwval een groot gedeelte van het dorp Ruaeras in Graubundtenland weg, en bedolf tevens honderd menschen, waarvan echter een zestigtal later gered werden. Deze sneeuwval was zoo langzaam naar beneden gekomen, dat de menschen zelfs niet wakker geworden waren, terwijl hunne huizen naar beneden gleden, slechts vonden zij dat het buitengewoon lang duurde voordat de dag aanbrak. Eerst toen zij buiten kwamen en bespeurden dat zij vrij ver van de plaats waren waar zij den vorigen avond ter ruste gegaan waren, begrepen zij wat er gebeurde, en haastten zich om het gevaar te ontvluchten.

In Januari 1767 viel er een lauine in het dal aan den voet van den Dent de Jaman: zij rukte verscheidene groote denneboomen om, sleepte een twaalftal schuren en huizen mede, ging over een kroeg van Allières heen, en nam de bovenverdieping van dat huis mede, zonder dat den bewoners, die in het ver-

Een Sneeuwval op de Alpen.

trek gelijkvloers waren, iets overkwam. In den zelfden tijd werd ook het dorp St. Anton door eene lauine getroffen. Eene vrouw werd nog levend uit haar huis gehaald, nadat zij acht dagen lang onder de sneeuw begraven was geweest.

Maar bij alle verwoestingen die de sneeuwvallen aanrichten, hebben zij toch ook hunne nuttige zijde. Het is bijna niet mogelijk om zich een goed denkbeeld te maken van de onmetelijke hoeveelheid sneeuw, die jaarlijks door de sneeuwvallen tot onder de sneeuwgrens gevoerd wordt. Bleven die massa's op de plaatsen liggen waar zij als sneeuw nedergevallen zijn, dan zouden zij misschien zelfs in den herfst nog niet eens gesmolten zijn, op beschaduwde hellingen liggende, daartoe in 't geheel niet geraken, en zoo zou wellicht de sneeuwgrens — die wij weten, dat niet van de hoogte der bergen alleen afhangt — langzamerhand lager dalen, en het weidegebied der Alpen steeds meer en meer beperken. Door de sneeuwvallen worden regelmatig alle jaren eene menigte alpenweiden van den sneeuwlast bevrijd; de sneeuw wordt nu in de lager liggende kuilen door de zonnestralen, die aldaar meer kracht hebben, en door regenbuien schielijker verteerd, en haar water komt ten nutte der lage landen, terwijl de eeuwige sneeuw hun haar water onthoudt. TSCHUDI houdt daarom de sneeuwvallen, niettegenstaande de verwoestingen die zij soms aanrichten, toch voor een veeleer nuttig als schadelijk natuurverschijnsel der Alpen.

Behalve het bovenstaande hebben wij ook vroeger, bij het spreken over de bergpassen, reeds het een en ander over de lauinen medegedeeld: wij gaan nu over om te zien wat er verder met de sneeuw gebeurt, die op de bergtoppen valt. Al wederom moet ik den lezer voeren naar de s n e e u w l ij n, die ik boven reeds vluchtig heb vermeld. Als ik hier dus min of meer in herhalingen verval, geschiedt dit opzettelijk, en wel om het volgende begrijpelijker te maken, dan indien ik hier zorgvuldig oppastte om belangrijke feiten niet tweemaal te zeggen.

Wij weten dat de sneeuwlijn, de grens der eeuwige sneeuw, onder den evenaar het hoogst en nabij de polen het laagst ligt. In de poolstreken ligt de sneeuwgrens slechts weinig hooger dan de waterspiegel der zee, terwijl zij onder den evenaar gemiddeld op 4900 meter ligt.

De volgende lijst geeft, trapsgewijze van den evenaar naar de polen opgesomd, de hoogte van de sneeuwlijn in eenige andere voorbeelden te kennen, als die ik boven reeds heb gegeven.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Op | 0° onder den evenaar (Quito) . . . . . . . . | 4900 | meter. |
| „ | 2° 18′ Vulkaan Puracé in Zuid-Amerika. . . . | 4700 | „ |
| „ | 8° 5′ Sierra Nevada de Merida in Zuid-Amerika. | 4500 | „ |
| „ | 13° 15′ Abessinie . . . . . . . . . . . . | 4200 | „ |
| „ | 31° Himalaya (Noorderhelling) . . . . . . . | 5200 | „ |
| „ | „ „ (Zuiderhelling) . . . . . . . . | 4020 | „ |

| | | |
|---|---|---|
| Op | 38° 33′ Argaeus in Klein-Azie . . . . . . . | 3200 meter. |
| „ | 46° Alpen . . . . . . . . . . . . . . . . | 2700 „ |
| „ | 53° Eiland Oenalaska . . . . . . . . . . . | 1900 „ |
| „ | 60°—62° Noorwegen. . . . . . . . . . . . | 1600 „ |
| „ | 70° Noorwegen . . . . . . . . . . . . . | 1000 „ |
| „ | 74° 40′ Bereneiland. . . . . . . . . . . . | 170 „ |

Uit de bovenstaande opgave omtrent de Himalaya en Noorwegen, blijkt het ons dat de sneeuwgrens niet van de geografische breedte alleen afhangt, en dat men voor een bepaald punt der aarde de sneeuwlijn geenszins, zonder iets meer te doen, naar de geographische breedte, van de studeerkamer uit, kan opgeven. Wij kunnen ons daarover niet verwonderen, sedert wij weten dat de verdeeling der warmte in de lucht — een zoo gewichtig feit in de voorwaarden tot de vaststelling van de sneeuwgrens — van de stroomen van den dampkring en van die van de zee afhangt.

In de Alpen, die het midden van Europa innemen, is de sneeuwgrens zeer verschillend. Dooreengenomen is zij in de Alpen op 2780 meter te rekenen, terwijl zij op den top van den Ortle tot 2350 meter daalt, omdat deze als plotseling oprijzende bergspits zich uit eene onafzienbare sneeuwwoestijn verheft.

Maar er zijn nog andere dingen die op de bepaling van de sneeuwlijn van invloed zijn, en waarvan vooral de grootere of kleinere hoeveelheid sneeuw, die jaarlijks valt, de voornaamste is. De ligging tegen de hemelstreek moet insgelijks den zelfden invloed hebben, daar het smelten der sneeuw, ten minste voor een gedeelte, van den stand der zon afhankelijk is. Daardoor ligt de sneeuwlijn aan de noordzijde der Alpen omstreeks 300 meter lager dan aan de zuidzijde. Een groot onderscheid maakt het verder of een berg, die boven de sneeuwlijn uitsteekt, eenzaam in een vlak land staat, of een schakel van eene groote bergketen is. In het eerste geval moet de sneeuwgrens hooger liggen, wijl de warmte die van de sterk verwarmde vlakte opstijgt, de sneeuw hooger doet smelten, gelijk dit b.v. bij den Ararat het geval is, op welken berg de sneeuwgrens op 4300 meter ligt; terwijl het koudere bergklimaat het tegenovergestelde moet veroorzaken.

Het boven aangewezene verschil van de sneeuwgrenzen van den Himalaya is weder op eene andere wijze te verklaren. Van het zuiden af rijst dit grootste aller gebergten als een ontzettende muur uit de vlakte omhoog, terwijl het in het noorden nauwelijks den indruk maakt, dien de Alpen geven, daar zich hier eene meer dan 4000 meter hooge vlakte aan de bergen sluit. Ten zuiden worden de kruinen door koele, vochtige zeewinden getroffen, terwijl de noorderhelling voor drooge en warme landwinden open ligt. Daardoor moet de sneeuwgrens aan de zuidzijde lager dalen dan aan de noordzijde. Nog meer in het oog vallend en van den gestelden regel afwijkende, is de sneeuwgrens van den tusschen 16° en 17° Z.B. liggenden berg Illimani en Bolivia, waar zij 5270 meter hoog ligt. Men vindt de verklaring in de stralende warmte van de hooge vlakte, waarboven die berg zich verheft, en in de drooge lucht, die hem bovendien weinig sneeuw kan bijzetten.

De sneeuw die boven de sneeuwgrens ligt, noemt men veelal eeuwige

sneeuw, wat evenwel niet zóó verstaan moet worden alsof de zelfde sneeuw onveranderlijk bleef liggen. Zij is integendeel aan eene aanhoudende, hoewel zeer langzame afneming onderworpen. Wij zien die slechts niet, wijl het wel nooit tot eene volkomene opruiming van de sneeuw komt, en het verlies steeds weder vergoed wordt, door het vallen van sneeuw, dat in alle jaargetijden plaats heeft. Men moet daarom, als men misverstand voorkomen en zich volkomen juist uitdrukken wil, niet zeggen: „boven de sneeuwgrens ligt eeuwige sneeuw," maar „ligt altijd sneeuw." Nu willen wij zien hoe er uit die eeuwige sneeuw bergijs ontstaat. Wij mogen evenwel van de vermelding der sneeuwgrens, die eerste en voornaamste voorwaarde tot het ontstaan van bergijs, niet afstappen, zonder met een enkel woord de betrekking te herinneren, die er bestaat tusschen haar en de grens van den plantengroei. In het algemeen komen beiden hoe verder naar de polen des te dichter bij elkander. In Lapland zijn zij nog slechts 500 meter van elkander af, in Noorwegen 600, in Zwitserland 900, in de Apennijnen en Pyreneën 1000, op den Etna 1300 meter.

Als men een reisje maakt door de dalen van Zwitserland en Savoye, die zich aan den voet der Alpen bevinden, en men niet van te voren daarop oplettend gemaakt is, kan het niet anders of onze verwondering moet groot zijn, als wij in eens groote bevrorene rivieren, stroomen van ijs, van bergijs, voor ons zien. Te midden van een weelderigen plantengroei, tusschen bebouwde velden en denneboschen ziet men groote ijsmassa's liggen, die weerstand bieden aan de warmte van den zomer. Zulk een ijsmassa noemt men, zooals wij vroeger reeds gezegd hebben, *glacier* waar men fransch, en *Gletscher* waar men duitsch spreekt. Voor den toerist zijn zij een onuitputtelijke bron van bewondering, die bergijsstroomen, en voor den natuurkundige en den geoloog een niet minder rijke bron van leering en onderzoek.

Hoe zien zij er uit, die ijsstroomen? Als iemand uit een luchtballon, zoo men zegt *à vol d'oiseau*, een blik kon slaan op de geheele Alpenketen, zou hij bijna alle toppen van dat gebergte bedekt zien met een blinkend kleed van ijs, hier en daar doorboord door steile pieken en tanden, te steil om de sneeuw te kunnen vasthouden, die op hunne zijden valt. Onder die met ijs en sneeuw bedekte hoogten zou hij nauwe dalen zien, waarin ijsstrooken afdalen, gelijk franjes van den ijsmantel, die op de bergen ligt. Hij zou die lange franjes zien hangen tot in de vruchtbare, door den mensch bewoonde streken in de laagte. Als hij zijn blik nog verder van het middenpunt van het gebergte liet zweven, zou hij zien dat de secondaire ketenen hem het zelfde schouwspel op kleinere schaal aanboden. En als zijn oog nog verder naar beneden kon zien, zou hij ijs en sneeuw langzamerhand zien verdwijnen, de natuur haar wild uitzicht zien verliezen, de vormen van den bodem vlakker worden, en eindelijk het lachende groen van den plantengroei der vlakten, de troostelooze eentonigheid der sneeuwvelden zien vervangen.

Die stroomen van vastgeworden water, die men op de Alpen en andere gebergten vindt, overal waar zij boven de sneeuwgrens uitsteken, en tot ver beneden die grens in de valleien afdalen, spelen een zeer groote rol in de huishouding van de natuur. Als het lente wordt, ontwaakt de natuur; de boomen krijgen knoppen, die het heerlijke groen der bosschen verkondigen en voorbereiden; overal verdwijnen de sporen van den winter voor den lauwen adem der lente. Maar het bergijs is ongevoelig voor den zachten invloed van de zonnewarmte, en de hitte van den zomer trekt, immers schijnbaar, zonder eenig spoor na te laten over de vaste bergijsmassa heen. Als men bedenkt dat deze lange onbewegelijke ijsstroomen zonder afbreken afdalen uit de streek der eeuwige sneeuw, blijkt het dat zij uit die in de toppen der bergen verborgene bron hun oorsprong moeten nemen, en daaruit gevoed worden. De glaciers zijn afgezanten uit de ontoegankelijke hoogten waar een eeuwige koude heerscht, kinderen van het ijs en de sneeuw, die de hoogste toppen der bergen bedekken.

De sneeuw die op hooge bergtoppen valt, kan nooit smelten, zij blijft altijd sneeuw op de rotsen, die nooit een temperatuur boven nul verkrijgen. De lagen en hoopen sneeuw, die zoodoende zich op de toppen der bergen verzamelen, zouden dus eindelijk zoo groot worden, dat zij tot hoog in de lucht zouden reiken, zij zouden de vlakten het water onthouden waaruit zij bestaan, indien de goede natuur niet het geheim bezat om dat alles te beletten. Dat geheim is de vorming van bergijs. Een bergijsstroom is slechts schijnbaar onbewegelijk: hij beweegt zich uiterst langzaam maar zeker: straks zullen wij dit uitvoeriger beschouwen. Het is juist in die uiterst langzame beweging, dat het nut van het bergijs gelegen is. Het bergijs zakt naar beneden, naar de dalen, vindt dáár de zachte temperatuur van de lente en den zomer, smelt aan zijn ondereinde, en schept zoodoende bronnen, die nooit opdroogen. Zoek in de Alpen een bergstroom op, volg zijn bed naar boven, en gij komt onfeilbaar aan een glacier. Een glacier is eigenlijk niets anders als een groote vergaderbak van water in vasten staat, dat smelt als het in de dalen komt, en dáár een weldadigen waterloop vormt. En als het water zoo in den vorm van bergijs in de dalen gekomen is, doet de zonnewarmte het verdampen, en zendt het in den toestand van damp naar boven terug, naar de lucht, waaruit het later weer nedervalt in den toestand van sneeuw op de toppen der bergen, om dáár weer tot bergijs over te gaan, vervolgens weer in bronnen en beken over de aarde te stroomen, en zoodoende een kringloop te vormen, die geen begin en geen einde heeft, een kringloop eeuwig als Hij die hem in 't aanzijn riep.

Laat ons thans meer in bijzonderheden het bergijs beschouwen.

De algemeene voorwaarde tot het ontstaan van bergijs is, dat er sneeuw ligt op de bergen boven de sneeuwlijn. Doch als men eene ligging boven de sneeuwlijn de algemeene voorwaarde van het ontstaan van het bergijs noemt, is toch het bestaan van bergijs, hoewel zekerlijk en noodzakelijk onder die voorwaarde aangevangen, niet tot die sneeuwlijn beperkt, maar het daalt dikwijls duizende meters lager naar beneden, waarvan ik later eenige voorbeelden zal opnoemen.

De plaatselijke voorwaarde tot het ontstaan van bergijs is, dat er boven de sneeuwlijn is een uitgestrekte, door steile bergen omringde, vlakke, slechts weinig afhellende kom, die in een naar beneden loopenden rotsgang overgaat, en waarin zich groote massa's sneeuw kunnen verzamelen. Zulk eene kom vormt de s n e e u w k o m, welker grootte natuurlijk in verhouding staat tot de massa bergijs, die er van afkomt, of liever, veel bergijs geeft eene groote sneeuwkom, weinig eene kleine te kennen. Voor vele bergijsstroomen moet het bij die onderstelling blijven, want zeer dikwijls is de sneeuwkom onbereikbaar diep tusschen de doolhoven der bergkruinen verscholen. Zulke kommen, ketels of bekkens zijn meer of min talrijk, naar de natuur van het gebergte. Bijzonder rijk zijn daaraan de Zwitsersche Alpen en de Mont-Blanc-keten; zulk een gebergte moet met zijne bergijsstroomen, naar alle kanten door de dalkloven naar beneden vloeiende, van eene groote hoogte beschouwd, dus er uitzien alsof het met een gescheurd wit kleed bedekt was, door welks gaten de kale zwarte rotsen uitsteken, en welks lange, dunne, witte franjes tot in de dalen afhangen. De bergketen van het Berner Oberland zendt, uit de ontzettende sneeuwwoestijnen in den omtrek van den Finsteraarhorn, die men op 38 vierkante mijlen schat, behalve vele kleinen, 12 bergijsstroomen van den eersten rang naar beneden, waarvan sommigen vele uren lang zijn. Naar het N. W. zakken van den Mont-Blanc 7, naar het Z. O. 11 groote, en buitendien nog een groot getal kleine bergijsstroomen naar beneden.

Laat ons nu zien hoe de sneeuw in ijs verandert. De sneeuw die boven de sneeuwlijn valt, is gelijk aan de sneeuw die bij groote koude in de dalen en in de vlakte valt; dat is, zij bestaat niet uit groote, losse vlokken, maar uit kleine, dikwijls symmetrisch samengevoegde ijsnaaldjes, en verkrijgt daarom den onderscheidenden naam van h o o g s n e e u w. Zij is droog en zeer bewegelijk, en daarom zijn in het najaar, als de lager liggende sneeuwmassa's, die zich lichter samenpakken, reeds lang weg gesmolten zijn, de sneeuwvallen of lauinen die dan naar beneden komen, zoogenoemde stuifsneeuwvallen, die, over de rotstrappen en rotsgroeven heen naar de laagte stortende, er van verre volkomen als stroomen van melk uitzien; en vandaar kan ook elke windvlaag de hoogsneeuw van de kruinen in de sneeuwkommen samendrijven. Hierdoor ziet men ook zelden een hooge, in de sneeuwstreek liggende bergtop, waarop geene talrijke, zwarte rotskegels en kammen uit het schitterende wit te voorschijn treden. Dit is iets, dat hem die de Alpen voor het eerst bezoekt, zeer verrast. Men had de bergspitsen die boven de sneeuwlijn uitsteken, geheel en al in sneeuw gehuld verwacht, en zoo zou men het ook vinden als de sneeuw hierboven, gelijk de sneeuw van onze vlakten, tot samenpakken geneigd was.

Die hoogsneeuw nu blijft niet altijd in den toestand, waarin zij uit de lucht gevallen is; zij verandert, vooral aan hare onderste grenzen in de sneeuwkommen, langzamerhand in s n e e u w ij s, wat *Firn* geheeten wordt waar men duitsch, en *névé* waar men fransch spreekt. De vorming van het s n e e u w ij s is gelijk aan de verandering die men ook aan de sneeuw onzer vlakten somtijds kan waarnemen, als zacht dooiweder bij dag steeds door nachtvorsten wordt af-

gebroken. De sneeuwvlokken pakken langzamerhand samen, en vormen een korrelige sneeuw, waarvan de korreltjes 's morgens aan elkander gevroren zijn. Op deze wijze verandert de fijne hoogsneeuw achtereenvolgens eerst in hoogsneeuwijs, *glace bulleuse*, omdat het luchtbellen bevat; verder naar beneden in grofkorrelig, reeds eenigszins samenhangend laagsneeuwijs, *glace grenue blanche*, en vervolgens in het reeds geheel tot eene enkele massa gewordene sneeuwijs, *glace bleue compacte*, dat nog slechts weinig van het bergijs verschilt. Die verandering van hoogsneeuw in sneeuwijs gebeurt vooral in het laatst van den zomer; de sneeuw wordt dan als 't ware verstijfd, daar hare oppervlakte door den dooi zich in eene ijskorst verandert; zulke ijskorsten vindt men dan velen in het binnenste van de sneeuw, door eene telkens vernieuwde herhaling van dooien en sneeuwen, boven elkander liggen, en door lagen losse hoogsneeuw van elkander gescheiden. Als dan door de koude die ijskorsten scheuren, worden de schotsen, door de winden over de sneeuwkommen heen naar beneden gedreven, en men berekent dikwijls reeds uit de verte aan de groeven, door die schotsen in de sneeuw gemaakt, de plaatsen waar de sneeuwkom de grootste helling heeft. Bij een sterken dooi sijpelt het smeltwater tot op den bodem van de sneeuwkom, en overdekt dien, benevens alle rotsen zoo ver zij onder de sneeuw bedolven zijn, met het zoogenoemde hoogijs, een bijzonder dicht en glazig ijs.

Volkomen het zelfde kunnen wij in het klein aan onze sneeuw op de vlakten waarnemen, als zij namelijk langzaam smelt. Ook daarin is er gelijkheid, dat het sneeuwijs niet zoo schitterend wit is als de hoogsneeuw, even als de smeltende sneeuw onzer velden er morsiger uitziet in de lente- dan gedurende de wintermaanden. Dit komt ten deele door het te voorschijn komende stof, dat er donkerder uitziet doordien het nat wordt, en ten deele door de doorschijnendheid van de ijzige sneeuwkorrels.

Tot het vormen van het sneeuwijs draagt vooral de sneeuw die in Mei en nog later valt, veel bij, daar haar smeltwater de oude sneeuw, die er onder ligt, doordringt en als 't ware drenkt.

Men beweert dat er zich uit een sneeuwlaag van 10 tot 15 meter dikte, eene laag sneeuwijs van 1 tot 2 meter dikte vormt.

Het benedenste gedeelte van de sneeuwkom, waar de hoogsneeuw in sneeuwijs veranderd wordt, noemt men de sneeuwijskom, welke natuurlijk even min naar boven, naar de sneeuw, als naar beneden, naar het ijs, eene scherpe afscheidingslijn heeft, daar alles slechts een langzame overgang van den eenen in den anderen toestand is.

Wij kunnen gemakkelijk uit deze korte schildering van de wijze van vorming van het bergijs begrijpen, dat dit er geheel anders moet uitzien als het waterijs. Naar de grootere of kleinere hoeveelheid ingeslotene lucht, is het wit of blauw van kleur. In het blauwe bergijs zijn de ruimten, die in het witte bergijs door lucht gevuld zijn, niet met lucht maar met water opgevuld, zoodat er uit breukvlakten van een stuk blauw bergijs bijna altijd water vloeit.

Als men een grooten dobbelsteen, uit bergijs gehouwen, op eene drooge plaats legt, zakt het in het ijs beslotene water naar het onderste gedeelte, dat daardoor gelijkmatig doorschijnend wordt, terwijl de bovenste, ontledigde helft daarentegen ondoorschijnend en wit wordt. Men heeft meermalen een netwerk van haarspleten en haarbarsten, zooals zij geheeten worden, zeer duidelijk in een brok bergijs te voorschijn doen komen, door er eene gekleurde vloeistof in te laten dringen.

De deeltjes waaruit de massa van het bergijs bestaat, noemt men bergijskorrels.

De uitgestrektheid van vele sneeuwkommen en sneeuwijskommen is buitengewoon groot. Volgens Schlagintweit bedraagt zij bij bergijs van den eersten rang door elkander 2500 meter in de breedte, en 18 of 20 millioenen vierkante meter oppervlakte. Bij den Rosseggletscher, een der Berninagletschers van Grauwbundtenland, wordt de sneeuwijskom op 7500 meter omvang, en op 110 millioenen vierkante meter oppervlakte geschat.

Men telt in Zwitserland 600 bergijsstroomen; 370 in het stroomgebied van den Rhijn; 137 in dat van den Rhône; 66 in dat van den Inn; en 35 in het stroomgebied van de rivieren die in de Adriatische zee vloeien.

Nu nog een paar woorden over de uitgebreidheid van het bergijs.

De dikte van de groote bergijsstroomen bij hun begin, is nog niet gemeten. Bij den Aargletscher kreeg Agassiz, bij de proeven om door boring de dikte te meten, op 70 meter nog geen grond. Met *sondes* bereikte hij in bergijsspleten op eene diepte van 260 meter den grond niet. Met inachtneming van het afsmelten, de beweging en de helling van de bergijsbaan aan haar einde, berekende Agassiz de dikte van Unteraargletscher, bij zijn begin, ter plaatse van het samenvloeien van den Finsteraargletscher en den Lauteraargletscher, tusschen 360 en 460 meter.

De lengte en breedte der bergijsstroomen is niet minder aanzienlijk. De geheele Aargletscher is 18000 meter lang, en in het begin 780 en aan het einde 400 meter breed. Daarbij komt dan nog de lengte van zijne sneeuwkom, die tot aan het begin, bij den Strahleck, 8000 meter is, zoodat dus de geheele lengte, van den bovensten zoom van den sneeuwkom tot aan den voet van het ijs, 16000 meter, dat is meer dan 2 geogr. mijl bedraagt. De oppervlakte van den Aargletscher schat men op 28 millioenen vierkante meter, en de sneeuwijskom, die er bij behoort, op ongeveer even zoo veel.

De reden waarom ik hier den Aargletscher tot voorbeeld gekozen heb, is daarin gelegen omdat deze zekerlijk de best bekende van de geheele wereld is, want hij is bestudeerd door geleerden als Agassiz, Desor, Vogt, Forbes en Dollfus.

Een enkel woord over de geleerden die zich vooral met het bergijs bezig gehouden hebben, moge hier zijne plaats vinden. Horace de Saussure, wiens beklimming van den Mont-Blanc wij in een vorig hoofdstuk uitvoerig beschreven hebben, is zeker de eerste geleerde wiens aandacht op de beweging van het

bergijs is gevallen. Ook Charpentier deed reeds in 1817 vele waarnemingen betreffende dit onderwerp, hoewel hij eerst in 1834 de vruchten van zijne studiën aan de geleerden bekend maakte, die toen te Lucerne vergaderd waren. Maar vóór 1834 was er reeds eene waarneming gedaan, die een beslissenden invloed op de studie van het bergijs heeft geoefend, namelijk door den stoutmoedigen onderzoeker der Alpen, Hugi van Soleure. In den zomer van 1827 liet hij een hut van steenen bouwen op een der randsteendijken van den Unteraargletscher, en wel op de plaats die den naam van *Abschwung* draagt, een soort van rotsachtig voorgebergte op den weg van dien gletscher, en waardoor hij tot het nemen van eene andere richting wordt gedwongen. Drie jaar later, in 1830, vond Hugi zijne hut ongeveer 100 meter naar beneden gezakt, en in 1836 was zij reeds 715 meter afgezakt. In 1840 zochten Agassiz en Desor de hut van Hugi

Hôtel des Neuchâtelois.

op, en vonden haar op een afstand van 1428 meter van den Abschwung. In een flesch vonden zij eenige aanteekeningen van Hugi. In het volgende jaar bevond Agassiz dat die hut weer 65 meter gezakt was, en in den tijd van dertien jaren was de hut van Hugi dus ongeveer 1500 meter verplaatst, wat ongeveer 115 meter in het jaar maakt.

Hierdoor op de beweging van het bergijs oplettend geworden, besloot Agassiz twee zomers in die streken door te brengen. Ook hij vestigde zich op den Unteraargletscher, 650 meter hooger dan Hugi had gedaan, op 2700 meter boven

den waterspiegel der zee. Om eenige beschutting te hebben, koos hij een groot rotsblok van den randsteendijk uit, en liet onder die rots een hut bouwen, die onder den naam van het *Hôtel des Neuchâtelois* beroemd geworden is, en die wij hiernevens zien afgebeeld. De keuken was onder het overhangende gedeelte van de rots, en de slaapkamer uitgegraven in het ijs onder het blok: een bed van steenen, met hooi bedekt, diende onzen natuurkundige tot legerstede. Een vlag aan een langen stok maakte het Hôtel des Neuchâtelois reeds op een afstand zichtbaar.

In dat gebrekkige verblijf bracht Agassiz twee zomers door, blootgesteld aan de strengheid van het klimaat op de bergen, met geen ander doel als om de natuur in een van hare grootste werken te bespieden.

Op het voorbeeld van Hugi en Agassiz deden later onderscheidene andere geleerden het zelfde, en brachten soms maanden aanéén op het ijs der Alpen door, en bestudeerden vooral de beweging van het ijs. Behalve de bovengenoemden waren het vooral Venets, Martins, Leblanc, Collomb, Mérian en anderen, die in dit opzicht groote diensten aan de wetenschap hebben bewezen. Uit al die onderzoekingen en waarnemingen is het gebleken, dat het bergijs niet onbewegelijk ligt, maar onophoudelijk in beweging is. Er is veel over die beweging van het bergijs gesproken, talrijke onderzoekingen zijn er dienomtrent gedaan, en veel zijn de waarnemingen die men met het oog daarop verzameld heeft, en uit dat alles blijkt, volgens Rossmaesler's boek *Das Wasser*, dat eenige jaren geleden door mij in onze taal overgebracht is, hoofdzakelijk het volgende:

De beweging van het bergijs van boven naar beneden voortgaande, is niet een gevolg van de drukking die er door de sneeuw uit de sneeuwkom en door het sneeuwijs op geoefend wordt. Immers in dit geval moesten die beiden, òf, door de eigene zwaarte naar onder getrokken, met het bergijs naar beneden gaan, òf, nadat zij eenmaal aan het ijs den stoot gegeven hadden, terug blijven; en het bergijs zelf moest dan spoedig weêr liggen blijven, of voortaan zijne eigene zwaarte volgen. Alle gedeelten echter, bergijs en sneeuwijs en sneeuw, blijven steeds in vasten samenhang, en worden slechts tijdelijk door voorbijgaande oorzaken, zooals kloven, scheuren en dergelijken, gedeeltelijk gescheiden.

De beweging van het bergijs is niet het glijden van eene samenhangende massa, gelijk bij dooiweder de sneeuwmassa's van onze steile daken afglijden, maar is een waar vloeien, waarbij, hoezeer in veel beperkteren zin, de enkele deeltjes van het bergijs toch evenzoo verschoven worden als de waterdeeltjes eener rivier. Echter is die beweging nooit zoo snel dat men haar kan zien. Zij is slechts door het plaatsen van merkpalen te bespeuren. Den 7$^{den}$ Sept. 1856 kwam Rossmaesler juist er bij, toen men op den Unteraargletscher een nieuwen merkpaal oprichtte. De paal dien men 13 maanden vroeger nauwkeurig op het zelfde punt opgericht had, stond nu ongeveer 100 meter lager; zoover was hij dus met het bergijs naar beneden gerukt. Zeventien palen werden in een dwarsche lijn over het bergijs geplaatst, welker beide uiteinden, aan beide zijden van den bergijsstroom, op de oeverrotsen met witte kruizen aangeteekend waren.

Die rij van palen op een rechte lijn, dwars over het bergijs in het ijs geplaatst, van 1350 meter lengte, vormde een jaar later een naar beneden bollen boog. Ziehier de cijfers die in meters de verplaatsing in den loop van een jaar aangeven, van elken paal die in die rij stond:

5, 20, 48, 55, 62, 64, 67, 69, 79, 68, 64, 54, 47, 39, 21, 11, 1.

Men ziet dat de middenste palen ongeveer 70 meter in het jaar afzakten, terwijl die welke aan de randen stonden, slechts eenige meters verplaatst werden. Niet slechts de afwisselende helling van de ijsbaan en andere daarop invloed oefenende omstandigheden, veroorzaken een verschil in de snelheid van de beweging van het ijs, maar ook het zelfde bergijs vertoont op verschillende tijden eene verschillende mate van beweging. Vooral heeft de warmte, door drenking van het bergijs met smeltwater, een groote invloed op de snelheid der voortschuiving. Die beweging is noch het afglijden van een vast lichaam, noch het vloeien van een taai vloeibare massa, b. v. van was dat een weinig gesmolten is, noch ook het innerlijk, onophoudelijk door elkander dringen en voor elkander wijken van de deeltjes van een taaie, korrelige brij — maar zij is eene samenstelling van alle drie verschijnselen, aangedreven en ondersteund door de geweldige kracht der zwaarte. Doch al blijven alle gedeelten van het bergijs, sneeuw en sneeuwijs en ijs, met elkander gedurende die beweging in samenhang, het spreekt toch van zelf dat zulk eene altijd in beweging zijnde ijsmassa niet een enkel brok ijs kan zijn, maar dat zij ten gevolge van die beweging vol scheuren en barsten moet worden. En dit is ook werkelijk het geval. Om zich eene duidelijke voorstelling te kunnen maken van de aanleiding, de vormen en de richtingen dier scheuren, kan, ten minste in het ruwe, de volgende nabootsing van het bergijs dienen. Men neemt een plank van ongeveer 2 meter lang en 20 centimeter breed, waarop men, op de eene of andere wijze, dwars- en overlangsloopende latjes, knoesten enz. bevestigt, die de oneffenheden van de ijsbaan moeten verbeelden. Door schuins op en naast elkander liggende steenen bootst men, aan beide zijden van de plank, de oeverrotsen van het bergijsbed na, dat men hier wat nauwer en daar weer wat wijder laat worden. Dan legt men een strook wasdoek, die aan de oeverwanden omstreeks 15 centimeter in de hoogte gaat, in die nabootsing van de bergijsbedding, en strooit er wit zand in, ter hoogte van de randen van de strook wasdoek, waarna men, door het met water nat te maken, daarvan een samenhangend lichaam vormt. Nu plaatst men dit ruwe model, met het eene einde omstreeks 15 centimeter hoog, in eene hellende richting. Trekt men dan aan het onderste, een weinig uitstekende einde van het wasdoek, de geheele massa nat zand naar beneden, dan zal men, door de afwisselende vernauwing en verwijding der oevers en de oneffenheid der baan, op de oppervlakte van het zand bij afwisseling even zulke scheuren en reten, inschuivingen, verbreedingen en oprijzingen gewaar worden, als zij door volkomen de zelfde oorzaken bij het bergijs gezien worden. Met een weinig kunst samengesteld, moet zulk een model de verschijnselen der beweging van het bergijs tamelijk juist afbeelden, vooral als men alle oneffenheden en verheffingen van

de baan glad maakt, door haar met olie te besmeeren, of met harspoeder te bestrooien, om zoodoende de aankleving van het natte zand te voorkomen. Zóó, zonder het wasdoek, in eene geschikte helling geplaatst, moet het vochtige zánd van zelf naar beneden zakken, en zonder twijfel het scheuren krijgen van het bergijs nog beter nabootsen.

Het zou kunnen zijn dat de lezer, na het bovenstaande overdacht te hebben, op het denkbeeld kwam dat het bergijs al voortging, al volhield met naar beneden te zakken, tot waartoe? Ja, tot in zee, evenals het water dat van de bergen vloeit. Dit zou ook zeker het geval zijn, als wij niet wisten dat de temperatuur beneden de sneeuwlijn zoo hoog wordt, dat er geen bergijs meer bestaan kan blijven. Dat het bergijs moet smelten als het tot beneden de sneeuwlijn gezakt is, spreekt zoo van zelf, dat ik er hier niet over behoef uit te weiden. De smelting van het bergijs is een gevolg van de onmiddellijke werking der zonnestralen, van de warme lucht en van den regen. Aan den regen schrijft men eene grootere smeltkracht toe dan de beide andere oorzaken, gelijk wij ook in de vlakte de sneeuw sneller zien smelten door dooiweder, dat met regen gepaard gaat, dan zonne- en luchtwarmte zulks, zonder regen, kunnen doen.

Maar uit dat smelten van het bergijs op een plaats moet men daarom niet afleiden, dat dit altijd precies op de zelfde plaats gebeurt. Neen, nu eens gaat het bergijs verder naar beneden dan waar het vroeger gewoonlijk smolt, dan weder komt het niet eens aan die plaats toe: het wijkt terug, zooals men dat noemt. Dat voorwaarts schrijden is evenmin van de beweging van het bergijs alleen afhankelijk, als het terugblijven in zoo verre daarvan geheel onafhankelijk zijn moet, daar natuurlijk niemand aan een terugtocht, aan een omkeeren van het bergijs kan denken. Het werkelijk vooruitrukken en de afsmelting met elkander vereenigd, bepalen steeds het eindpunt van het bergijs. Blijven beiden met elkander in evenwicht, dat is, ontneemt de afsmelting even zooveel aan den voet van het ijs als het voortgeschoven wordt, dan staat, zoolang dat evenwicht duurt, het eindpunt van het ijs vast. Er moeten dus twee oorzaken samenwerken, zoowel voor het voortgaan als voor het terug wijken. Het bergijs zakt ver naar beneden, omdat de beweging door de eene of andere oorzaak buitengewoon groot, en de afsmelting daarentegen regelmatig is, òf omdat de afsmelting ongewoon gering is, terwijl de beweging gelijk bleef. Het ijs komt niet zoo ver als gewoonlijk, omdat nevens het regelmatige tempo der beweging eene ongewoon groote afsmelting plaats heeft, òf omdat nevens de gewone afsmelting de beweging ongewoon langzaam is. Het terugwijken is dus òf een waar terugblijven òf eene verkorting van het bergijs, en het voortschrijden òf een werkelijk vooruitdringen òf een achterblijven der verkorting.

Een belangrijk voorbeeld van zulk een beurtelings voortschrijden en terugwijken van een glacier deelt Forbes mede. De Brenvagletscher, van de Mont-Blanczijde der „allée-blanche" afkomende, was ten tijde van de Saussure (1767) zoo klein, dat de Doire voorbij zijn einde heenvloeide. Later reikte hij bestendig over dat riviertje heen, tot aan den tegenover liggenden dalwand, ja klo-

allengs hoog bij dien wand op, tot aan zekere kapel, die hij in 1818 verwoestte. In 1821 verliet hij die kapel weder, zoodat zij weêr hersteld kon worden, en ten gevolge van het terugwijken van het ijs stond deze in 1840 reeds weder 100 meter daarboven. Van 1842 tot 1846 steeg het bergijs weder op nieuw omstreeks 60 meter.

Er zijn verscheidene gevallen bekend, waarin het bergijs tegenwoordig veel verder reikt dan voor niet langen tijd geleden, en waardoor vroeger gangbare alpenpassen geheel gesloten, en zelfs geheele bosschen uitgeroeid geworden zijn: waar nu de Rosenlauigletscher ligt, moet voor 100 jaren nog een schoone alpenweide geweest zijn. De Aletschgletscher, de Viescher en de Zmuttgletscher raken met hunne einden bosschen aan, die naar de dikte hunner stammen te oordeelen, twee- en driehonderd jaar oud moeten zijn. Huizen die men sedert onheugelijke tijden veilig waande voor hunne ijzige buren, worden thans door hen in puin gestort. Ook kent men eenige gevallen van het ontstaan van nieuwe, kleine ijsstroomen, als na bijzonder sneeuwrijke winters de volgende zomer niet in staat was om al de gevallene sneeuw op te ruimen, zoo dat er zich steeds versche sneeuw op de overgeblevene samenpakte. Sedert 1732 is er op den Simplon een nieuwe bergijsstroom, de Rothelchgletscher, en sedert 1811 zulk een onder den Galenhorn in het Saardal ontstaan. Veel zeldzamer zijn de gevallen van het verdwijnen van bergijsstroomen.

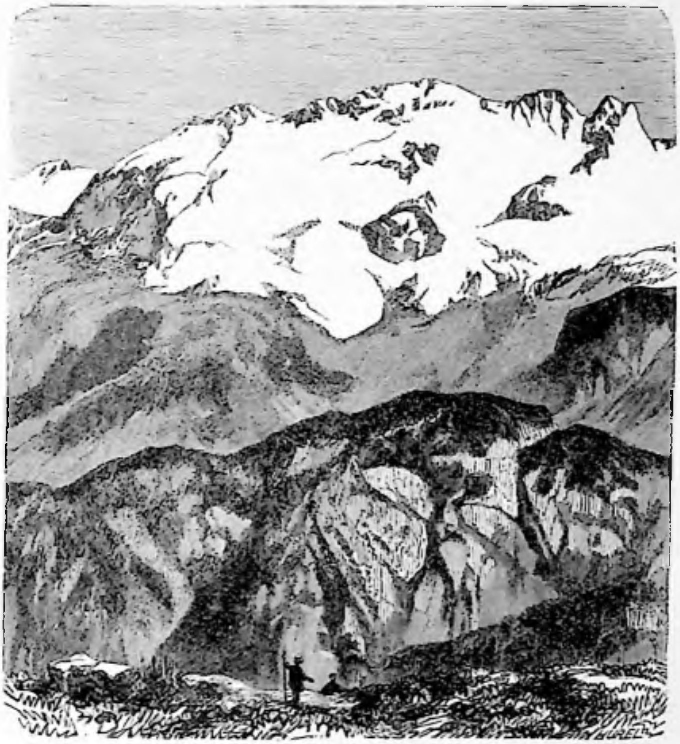
Men zal misschien, na het lezen van het bovenstaande, de opmerking maken dat ik tot hiertoe slechts over het bergijs o p d e A l p e n gesproken heb, doch dit heeft een goede reden. In de Alpen, die zich van het zuidoosten van Frankrijk tot omstreeks Karinthie uitstrekken, zijn de voorwaarden tot het ontstaan van bergijs meer aanwezig, dan misschien op eenige andere plaats der aarde: eene lange en breede bergketen welker kruinen grootendeels boven de sneeuwgrens uitsteken en die met diepe dalen doorsneden is, en een klimaat dat rijk is aan atmosferisch water. Daardoor is de bergijsvorming ook nergens volkomener dan in de Alpen, en onze kennis daaraan, die nog slechts weinig duisters heeft, is van dáár uitgegaan.

Doch al zijn de Alpen de hoofdbron van onze kennis van het bergijs, daarom mogen wij toch dat van andere gebergten niet ten eenenmale vergeten. De Pyreneën verheffen zich met hunne toppen slechts weinig boven de sneeuwgrens: de uiterste spitsen alleen doen dit. Daarom is de vorming van bergijs dáár ook gering, en bepaalt zich bijna slechts tot de noordzijde. De merkwaardigste glaciers van de Pyreneën zijn die van Maladetta, op de volgende bladzijde afgebeeld, die Crabioules en die van Vignemale.

De hooge Sierra Nevada van het zuiden van Spanje, die zich in den Cerro de Mulhaçen 4000 meter hoog verheft, en een groote kroon van eeuwige sneeuw draagt, heeft geen bergijs; slechts de lagere, maar meer noordelijk gelegene en niet zoo puntig oprijzende Sierra de Credos heeft een kleine bergijsstroom.

Het bergijs op den Kothsada in het Himalaya-gebergte.

In de groote gebergten van Klein-Azie en van den Kaukasus vindt men slechts bergijs van den tweeden rang, of zoogenoemd kantbergijs. Zoo noemt men den tot ijs samenvriezenden sneeuwmantel aan de zijden van hooge bergpyramiden, die somtijds losbreekt, en met een vreesselijk gekraak in het dal stort. In de onmetelijke bergdoolhoven van het Himalayagebergte bevindt zich



Glacier van den Maladetta (Pyreneën).

op den Koemaon en den Goerhwal-Himalaya echt bergijs van den eersten rang, dat tot in de dalen afzakt. Op de Himalayaketen zijn door de broeders Schlagintweit zeer schoone glaciers gevonden, op eene hoogte van 3000 meter, zooals die van Kothsada en van Nubin, die beiden steendijken voeren, zooals de gletschers der Alpen. De glaciers van Kouphinie en Pindoer zakken ongeveer een mijl onder de sneeuwgrens, die op deze bergen op 4570 meter hoogte ligt. Ook bij het bergijs van den Himalaya heeft men dezelfde verschijnselen als bij dat van de Alpen waargenomen, zooals beweging, steendijken, spleten, gekraste en gepolijste gesteenten, bergijsbeken, enz.

In de Andes van Zuid-Amerika ontmoet de vorming van het bergijs onoverkomelijke hinderpalen, in den afgezonderden toestand van de bergtoppen, die bo-

ven de sneeuwlijn uitsteken, en niet minder in de gelijkheid van het tropische klimaat, dat in 't geheel niet die afwisselingen vertoont van vochtige warmte en hevige koude, die noodzakelijk zijn om de sneeuw der bergtoppen in bergijs te veranderen. Men heeft langen tijd gemeend dat de Cordilleras geen enkelen gla-

Bergijs in Chile.

cier bezaten: doch Acosta heeft een echten glacier gezien in de Nevada de Santa-Marta op 11° N.B. Ook dit bergijs heeft steendijken, spleten enz. en zakt tot beneden de sneeuwlijn, die hier op 4680 meter hoogte ligt.

Een duitsch schilder, Rugendas, heeft de glaciers van Cerro de Tolosa uitgeteekend, die op de toppen van de Cordilleras van Chile liggen, tusschen Santiago en Mendoça, en die wij hier boven afgebeeld zien. Op eene hoogte van 3900 meter boven den zeespiegel gelegen, vullen zij de wijde spleten en ravijnen op, die deze klinksteentoppen doorsnijden. Uit wit ijs bestaande, dat in de spleten blauwachtig schijnt, en met steenbrokken, van de omliggende toppen afkomstig, bedekt, gelijken deze glaciers volkomen op de glaciers van den tweeden rang op de Alpen, dat is op de ijsvelden die aan den Wetterhorn en den Schreckhorn hangen, en niet tot in de dalen afzakken.

Het is niet bekend dat er in Noord-Amerika bergijs is: als er bergijs ligt op de Rocky Mountains, kan toch niemand zeggen dat hij het gezien heeft.

De glaciers van Noorwegen ontstaan niet uit afzonderlijke sneeuwkommen, zooals die van de Alpen, maar komen voort uit uitgestrekte sneeuwvelden, die in streken, slechts weinig van de pool verwijderd, zich over omtrekken van verscheidene vierkante mijlen uitstrekken, en alle uitstekende punten van het land met een dikken sneeuwmantel bedekken, waar slechts hier en daar eenige zwarte rotsen doorheen steken.

De glaciers of *braeer* van Justedal (61° N. B.) beginnen op eene hoogte van 340 meter boven de zee. Uit de beschrijving van NAUMANN blijkt, dat ook het noorweegsche bergijs naar beneden zakt. De Soelitelma, die slechts 1730 meter hoog is, zendt eene menigte bergijsstroomen naar de dalen aan zijn voet.

De hoogste toppen van IJsland zijn met een min of meer vasten sneeuwmantel bedekt. Dit groote sneeuwijsveld heeft een uitgestrektheid van 54 vierkante mijl. Uit zijne randen ontstaan eene menigte echte glaciers, die hier *joekull* heeten, en alle verschijnselen van het bergijs vertoonen, die wij op vorige bladzijden meer dan eens hebben vermeld. Hier, onder den dubbelen invloed van een koud klimaat en steile bergen, zakken de glaciers tot zelfs op het strand der zee. Echter schrijden zij niet tot in de zee voort, overal vindt men nog een min of meer breede strook tusschen het ijs en de golven.

Maar de glaciers van een land dat dichter bij de pool ligt, van Spitsbergen namelijk, zakken wel degelijk tot in de zee. Die van Bell Sound heeft een lengte van 16 en een breedte van 5 mijl.

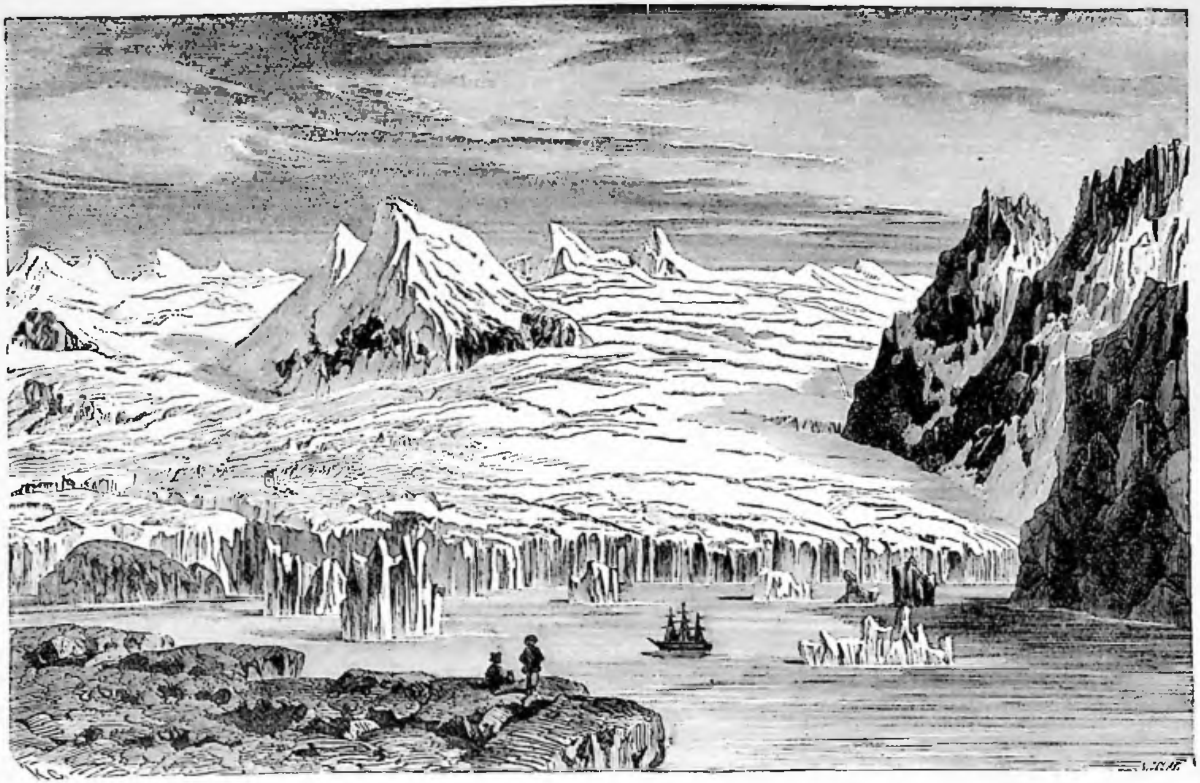
De groote dikte van deze ijsmassa's en de aanhoudende strenge koude van het klimaat, beletten deze glaciers om scheuren en spleten te krijgen, zooals het bergijs der Alpen in zoo ruime mate vertoont. Volgens Ch. MARTINS, die eenigen tijd op Spitsbergen heeft doorgebracht, bestaan deze bergijsstroomen eigenlijk niet uit echt bergijs, maar uit sneeuwijs, uit de stof dus die wij op een vorige bladzijde als *Firn* of *névé* hebben leeren kennen, en zijn niet beter te vergelijken dan bij een alpengletscher, waarvan men het gedeelte dat uit bergijs bestaat, weg denkt. Dat er op Spitsbergen geen echt bergijs, maar slechts sneeuwijs bestaat, is te verklaren door de aanhoudende koude in deze streken; immers de vorming van bergijs is niet mogelijk als onder een gestadige afwisseling van warmte en koude, van dooien en vriezen, en andere omstandigheden, die wij boven reeds uitvoerig besproken hebben.

Gelijk het bergijs der Alpen zakt ook het bergijs van de poollanden naar beneden, en brengt zoodoende de sneeuw en de steenbrokken, die er op vallen, in de zee. Doch hierover spreken wij aanstonds uitvoeriger.

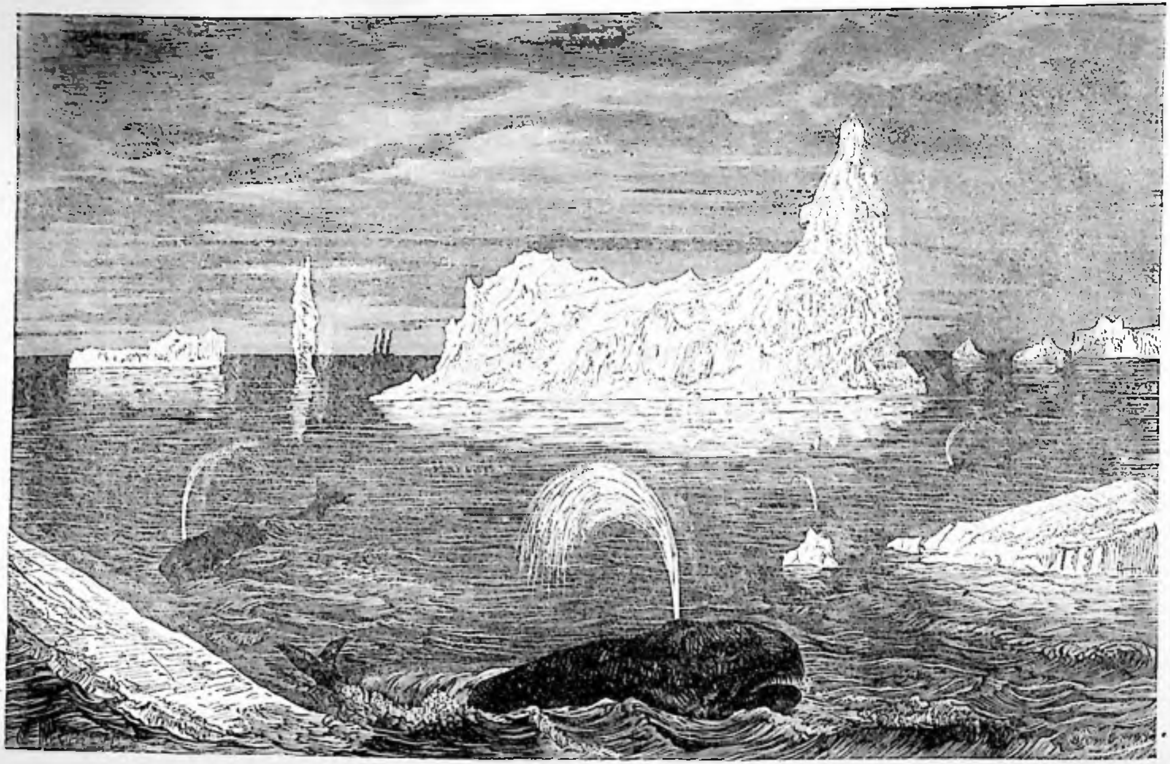
Het noorden van Europa is dus rijk aan bergijs. Uit het reisverhaal van de noordpool-expeditie van kapitein KENT KANE, kennen wij den grootsten bergijsstroom, die tegenwoordig bekend is, en dien de ontdekker naar VON HUMBOLDT genoemd heeft. De Humboldt-glacier verliest zich met zijn omstreeks 12 geogr. mijl breed einde, tusschen den 79° en 80° N. B., in de noordelijkste, tot

dusver nog nooit bezocht gewordene wateren van de Baffinsbaai, en wel onmiddellijk in zee. Het was den moedigen reiziger, die helaas kort na zijne terugkomst aan de gevolgen van de vermoeienissen der reis gestorven is, natuurlijk niet mogelijk de lengte van dien ijsstroom te leeren kennen; maar naar de dooreengenomene verhouding van de breedte tot de lengte, van 1 tot 4 of 6, te oordeelen, zou hij omstreeks 60 geogr. mijl lang moeten zijn. Aan de opvolgers van Kane is het overgelaten om zijne belofte, van eene wetenschappelijke beschrijving te zullen geven, te vervullen. Hij schildert den Humboldt-glacier niet als een beeld van doodelijke rust, want deze maakte op hem den indruk van werkzaamheid en kracht; en hij noemt hem een bewijs van de grootte en het geweld der natuurkrachten. In het algemeen, namelijk in de ijsvorming, vond hij hem aan de ijsstroomen van Noorwegen en van de Alpen gelijk, dus als echt bergijs, maar naar den grootsten maatstaf. De hoogte van den eindmuur is slechts 100 meter. Kane geeft een denkbeeld van het grootsche van dit natuurverschijnsel, daar hij dit bergijs beschrijft als geheel aan een onafzienbaar ijstafelland gelijk. De oppervlakte vertoonde golvende heuvels en dalen, waarschijnlijk een gevolg van de oneffenheid der bedding.

Vooral daarom spreek ik hier over zulk een noordschen tot in zee afdalenden bergijsstroom, omdat hij ons de verklaring geeft van de aanwezigheid der keien, die over ons land verstrooid liggen, en die uit Skandinavie oorspronkelijk zijn. Nadat het reusachtige bergijs tot op den oever, ja zelfs daarover heen en in zee voortgeschoven is, laten er groote ijsbrokken los, ongetwijfeld doordien zij in het water lichter worden, en in hun streven om aan de oppervlakte daarvan te komen, van onderen naar boven afbreken. Op deze wijze worden de bekende drijvende ijsbergen geboren, die de schepen welke naar Amerika zeilen, zoo dikwijls ontmoeten. Toevallig schijnt de Humboldt-glacier geen steenblokken te dragen, en kan dus de ijsbanken, die zich van hem losmaken, niet als vlotten gebruiken, om steenen naar zuidelijker breedten te verschepen. Desniettemin heeft Kane zulke met steenblokken beladene ijsbergen dikwijls in die noordsche wateren ontmoet. Daar nu de steenblokken, somtijds vele duizend centenaren zwaar, de ijsbergen, waarop zij vastgevroren zijn, diep in het water nederdrukken, drijven dezen dikwijls tegen den Golfstroom in, daar hun onderste gedeelte door dien stroom heendringt — die op deze hooge breedten slechts een zwakke, oppervlakkige stroom is — en het tot in den kouden, van de pool komenden onderstroom reikt; voor het bestaan van dien onderstroom leveren zij dus tevens het bewijs. Het grootste gedeelte van die ijsbergen drijft naar de banken van New-foundland, waar zij geheel smelten, hunne vracht van steenen laten vallen, en zóó die uitgestrekte banken nog voortdurend helpen vergrooten. Na de vermelding van dit feit zal het den lezer niet meer eene gewaagde hypothese schijnen, als men de zwerfblokken van het noorden van ons vaderland, houdt voor uit Zweden daarheen gevoerd te zijn, omdat dáár alleen de rotsen staan waarvan zij, naar hunne bestanddeelen en samenstelling te oordeelen, afkomstig moeten zijn. Misschien heft deze of gene oorzaak ook eenmaal de



De Humboldt-glacier.



IJsbergen bij Newfoundland.

newfoundlandsche banken tot boven den waterspiegel van de zee omhoog, en dan zal het der wetenschap licht vallen haar verschijnen in het licht der zon te verklaren, en haren oorsprong aan te wijzen. Bij het spreken over het ijs der polen kom ik nog even op dit onderwerp terug.

Boven hebben wij gezien dat het bergijs moet smelten als het beneden de sneeuwlijn komt. Dat ook andere oorzaken, zooals de zonnestralen, de regen enz. op dat smelten invloed oefenen, heb ik op een vorige bladzijde reeds aangetoond. Agassiz heeft tijdens zijn verblijf in het Hôtel des Neuchâtelois ook zijn aandacht op het smelten van het bergijs gevestigd, en getracht uit te maken hoeveel een bergijsstroom jaarlijks door het smelten verliest. Door het slaan van stokken in het bergijs van den Aargletscher, bevond hij dat deze ijsstroom in het middengedeelte jaarlijks 3 tot 3½ meter dunner werd, tengevolge van het smelten van het ijs. In de maand Augustus alleen smolt er een laag ijs ter dikte van een meter, en in den winter was het verlies gelijk nul. Charles Martins bevond op den glacier van den Faulhorn, dat de gemiddelde smelting van de sneeuw klom tot 30 millimeter per dag in de maand Augustus, wat 9 decimeter in de maand geeft, en die van het ijs tot 38 millimeter, wat meer dan een meter geeft in dien zelfden tijd.

Het water dat op de oppervlakte van het bergijs geboren wordt, dringt door de boven reeds even genoemde haarspleten of barsten van het ijs naar binnen, en vult zoodoende het ijsveld met water. Agassiz vergelijkt een glacier bij een zeer groote spons die vol water zit, en zelfs zoo vol is, dat hij al het water niet kan vasthouden, maar een groot gedeelte moet laten loopen. Het smeltwater hoopt zich dus onder het bergijs op, komt er eindelijk onder uit, en vormt beken die uit het ondereinde of uit den eindsteendijk ontspringen. De kleur van het water, die uit het bergijs te voorschijn komt, is zeer karakteristiek, en verschilt naar de kleur van de gesteenten waarop het bergijs ligt. Helder is dat water nooit, maar altijd troebel door de fijngewrevene gesteenten, die er als slib in drijven. Granietgesteenten geven het water een melkachtig voorkomen, zooals de bergijsbeken van den Aar, de Arve en den Rhône, die allen uit alpengletschers voorkomen. Een groenachtige tint van het water bewijst dat de gesteenten, waarover het bergijs heenschrijdt, serpentijngesteenten zijn, en een zwarte kleur toont aan dat het zwarte leigesteenten zijn, waarop het ijs rust. Al het water dat onder het bergijs vloeit, neemt deeltjes mede, die door de wrijving en drukking van het ijs van de gesteenten afgeknaagd en afgewreven zijn.

Die wrijving van het ijs op de bergen heeft behalve dat nog een zeer opmerkelijk uitwerksel: het gesteente waarop het ijs rust, heeft natuurlijk geen eigene warmte genoeg om de ondervlakte van het ijs te doen smelten, of om het water warm te maken, en echter is het water van de bergijsbeken altijd iets hooger van temperatuur dan het ijs, zooals van zelf spreekt, immers anders zou het geen vloeibaar water kunnen zijn. Hoe ontstaat dan die warmte?

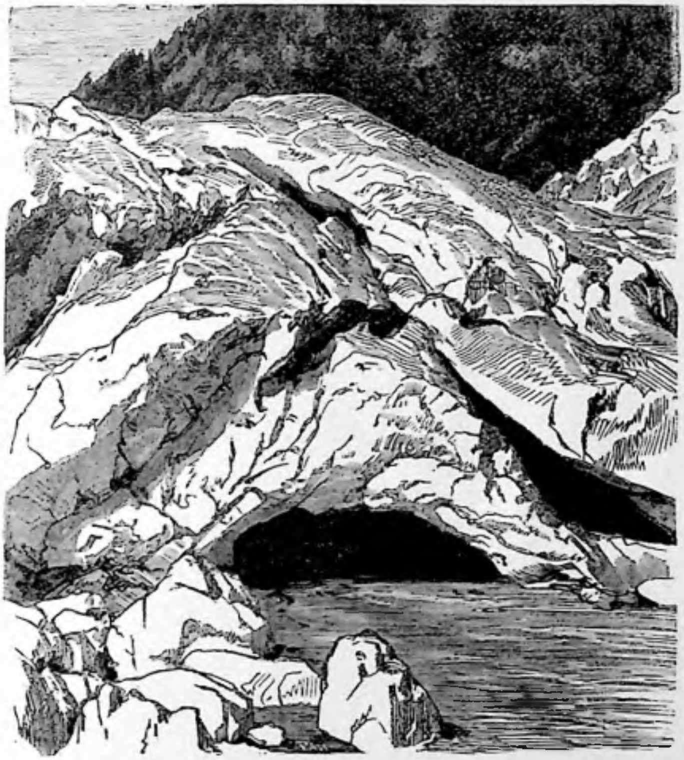
Klaarblijkelijk niet anders als door de wrijving van het ijs op de gesteenten van het ijsbed. Doch ook door andere oorzaken is het water der bergijsbeken betrekkelijk warm. Immers ook onder het bergijs ontstaan soms bronnen, die warmer zijn dan regenwater; het regenwater en het smeltwater, op de oppervlakte van het ijs geboren, vooral in de warmste maanden van het jaar, en bronnen die uit de oeverrotsen ontspringen, al dat water dringt in de spleten en barsten van het ijs, en al dat water is warmer dan ijs. Zoodoende komt het dat het water in staat is om groote holen en grotten uit te graven in het ijs. In die ijsgrotten heeft de lucht een temperatuur van + 6° tot 7°, en bestaat er een gestadige luchtstroom, tén gevolge van het verschil in temperatuur tusschen haar en de buitenlucht. De betrekkelijk warme lucht werkt natuurlijk onophoudelijk op de holen en grotten, die oorspronkelijk door het water gevormd zijn, tast de gewelven en wanden aan, en vergroot die holten zoodoende onophoudelijk. Soms worden die ijsgrotten zeer groot. SCHLAGINTWEIT is tot meer dan 200 meter ver in een ijsgrot van den Marcelgletscher opgedrongen. HUGI heeft een grot van bijna een vierde van een vierkante mijl grootte onderzocht, die onder de glaciers van Uraz aan den voet van den Tiflis gevonden werd, en hij bevond dat die groote gewelven slechts door enkele dikke ijspilaren gesteund werden. Ook ALTMANN onderzocht in 1751 zulk een ijshol onder den Grindelwaldgletscher.

De holen die onder een glacier bestaan, openen zich gewoonlijk aan het benedeneinde van het ijs, en vormen daar een gewelf, dat men de bergijspoort noemt. Zulk een poort is soms zeer wijd en hoog, en levert niet zelden een prachtig gezicht op: het zonnelicht speelt en flikkert op de ijsmuren, en verwekt er heerlijke lichteffecten op. De blauwe en rooskleurige tinten en het flikkeren van andere plaatsen, gepaard met het iridesceeren van nog andere gedeelten, maken van zulke ijsgrotten een der prachtigste natuurtooneelen, die de toerist op zijn tochten in bergachtige landstreken kan zien.

In de volgende afbeelding zien wij de bergijspoort van den glacier du Bois van den Mont-Blanc, waaruit de bron van den Aveiron te voorschijn komt. Deze grot heeft een hoogte van 33 meter. Hoeveel water er uit zulk een bergijspoort, en dus van onder het bergijs te voorschijn kan komen, blijkt uit hetgeen ROSSMAESLER zegt van de bergijspoort van den Aargletscher: „DOLLFUS heeft mij uit zijn wetenschappelijk dagboek, in het paviljoen, medegedeeld, dat bij sterk afsmelten van den Aargletscher op een dag 6 millioenen kubiek meter water afvloeien, die tevens ongeveer 250000 kilogram zand en slijk, dat er mede vermengd is en het water troebel maakt, met zich voeren. Alzoo zijn ongeveer 100 paardelasten elk van 2500 kilogram, de last, dien op één dag de jeugdige Aar naar het beneden gelegene dal brengt!"

Het is bij lange na niet altijd veilig zich onder zulk een gewelf te wagen, en menig toerist heeft zijne nieuwsgierigheid om een bergijspoort te betreden met zijn leven betaald. Elk jaar verandert het uitzicht en de gedaante van de grot, door de onophoudelijke afknagende werking van de warmte, en door het neder-

storten van ijsbrokken, dat tengevolge daarvan ontstaat. Die afvallende en omstortende ijsbrokken zijn niet zelden groot en zwaar genoeg, om den onvoorzichtigen indringer te dooden. In de bergijspoort van den Rhône-glacier veroorzaakte het afschieten van een pistool eens dat het gewelf instortte, en daardoor werden twee jongelieden bedolven' en natuurlijk gedood.



De bron van den Aveiron.

Tengevolge van zulke instortingen wordt soms de weg van het water, dat uit het bergijs komt, versperd, en dan ziet men dat het water in het ijs naar boven geperst wordt, en uit de spleten op de oppervlakte te voorschijn komt, en er uit borrelt en spuit.

Ook op en naast het bergijs vloeien een menigte beken en waterstroompjes, die tengevolge van het smelten van het ijs in den zomer ontstaan. Die beekjes vloeien slechts bij dag, bij nacht droogen zij op, en murmelen niet meer. De meesten storten zich in gaten van het bergijs, die veelal p u t t e n geheeten worden, en verdwijnen daarin; soms zijn die putten zeer diep.

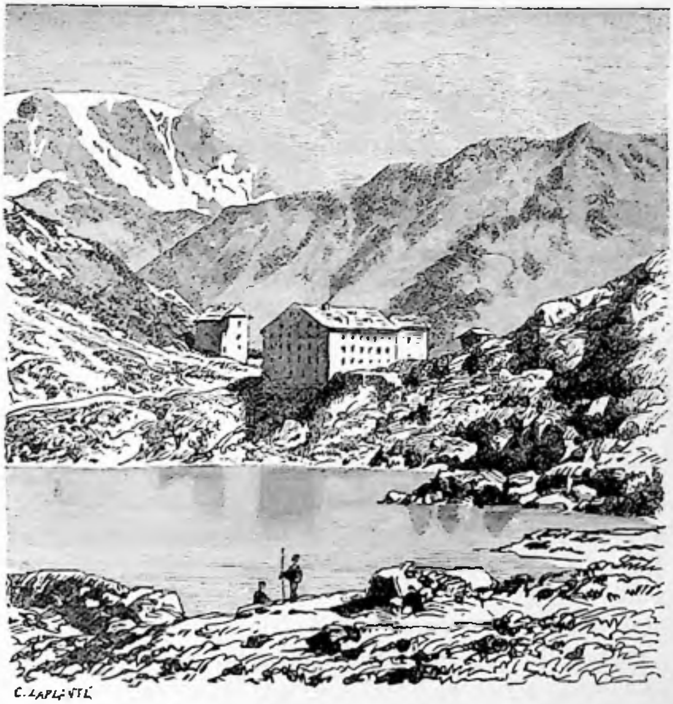
Al die waterstroompjes vormen samen met regenwater enz. de beek die uit de bergijspoort te voorschijn komt, zooals wij zoo even gezien hebben. Maar

niet alle glaciers hebben een ijspoort. Als het smeltwater niet kan afloopen, omdat er geen gelegenheid is tot het vormen van zulk een gewelf, maakt het water een kuil in het bed van het bergijs, en vormt een echt meer. Een der grootste op die wijs ontstane meren, is het meer van Moerill of Merjelen op den linkeroever van den Aletschgletscher, dat hier beneden afgebeeld is. Het is anderhalf mijl lang, 350 meter breed, en is van 7 tot 8 meter diep. Collomb zegt van

Het meer van Moerill onder den Aletschgletscher.

dit bergijsmeer het volgende: „Dit meer vertoont ons het zonderlinge verschijnsel van bij afwisseling vol en ledig te zijn, en dit soms binnen den tijd van eenige jaren. De Aletschgletscher, die op den westelijken oever van het meer ligt, keert het water door een rechtstandigen ijsmuur van ongeveer 10 meter hoogte. Nu en dan vallen er groote brokken van dien muur af, en vallen in het water, waarna zij op de oppervlakte daarvan drijven, en den karakteristieke paddestoelvorm vertoonen, dien men ook bij het drijfijs in de baai van Bell-Sound op Spitsbergen waarneemt. Als de drukking van het water zoo groot wordt, dat de ijsdijken er geen weerstand meer aan kunnen bieden, en zij bezwijken, loopt het meer als plotseling leêg, en het water verdwijnt onder het ijs. Daardoor

ontstaat dan een verwoestende overstrooming in het dal van den Rhône, welker uitwerkselen vooral in den omtrek van Viége merkbaar zijn. Drie millioen kubiek meter water, in eens gevoegd bij het water van den Rhône, maken het in den omtrek gevaarlijk. Toen ik op den 28sten Augustus dit meer onderzocht,



Het meer van den St. Bernard.

was het met drijfijs bedekt: op den 18den Augustus van het volgende jaar was het meer juist ledig geloopen, en de ijsschotsen en ijsbrokken die op den grond lagen, waren nog niet gesmolten."

Voor eenigen tijd heeft men een kanaal gegraven, om een geregelde afvoer te geven aan een gedeelte van het water uit het meer van Moerill, ten einde daardoor de verwoestingen te voorkomen, die voorheen om de zes of zeven jaren door de overstroomingen veroorzaakt worden.

De *Gouille de Vassu*, ook een bergijsmeer tusschen de beide takken van den glacier du Valsorei, loopt, volgens De Saussure, alle jaren leêg. Bergijsmeren zijn verder het meer Rofner aan den voet van den Vernagtgletscher; het meer Combal in de Allée Blanche; het meer van Tacul op de *Mer de Glace* op den Mont-Blanc, en anderen.

Als een merkwaardig voorbeeld van een meer dat door het bergijswater gevormd is, geven wij eene afbeelding van het meer dat zich voor het klooster

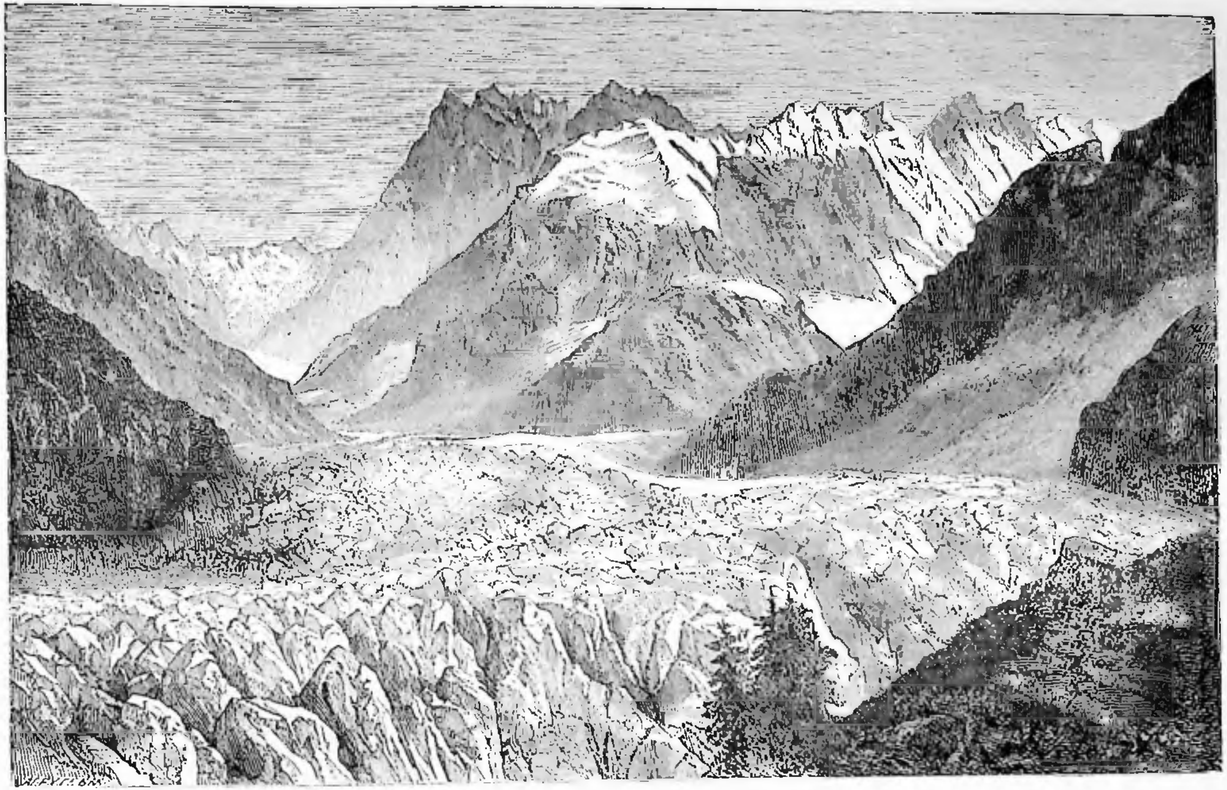
van den St. Bernard uitstrekt. In die eenzame streek, boven de sneeuwlijn, ligt het genoemde klooster op den weg die naar Italie leidt, als men over de Alpen trekt. Geen plantengroei is er mogelijk op eene hoogte van meer dan 3000 meter, en waar de temperatuur nooit boven het nulpunt rijst. Meer dan tien duizend reizigers trekken jaarlijks over den St. Bernard, en vinden gratis huisvesting in het klooster, welks bewoners beroemd zijn door hunne menschlievendheid en braafheid.

Het bergijs is steeds op vele plaatsen vol scheuren, zoowel zeer kleine barsten als zeer wijde spleten, zooals wij op het spreken over de beweging van het bergijs reeds even gezien hebben. Die spleten ontstaan door de ongelijkheden van het bergijsbed, en de ongelijke mate van beweging in de verschillende gedeelten van den glacier. Zij zijn gevolgelijk het talrijkst op de plaatsen waar het ijs om een hoek heengaat, waar rotsen op zijn weg liggen, of het bed spleten en groeven heeft, enz. Die groote spleten in het ijs ontstaan plotseling, en soms met een knal als een geweerschot, over eene groote uitgestrektheid. Gedurende den zomer worden de spleten wijder, door het langzamerhand afsmelten van hunne wanden: zij worden dan gapende afgronden, die het loopen op het bergijs hoogst gevaarlijk maken. Als er sneeuw valt, vormen er zich niet zelden sneeuwbruggen over de spleten heen. Die sneeuwbruggen zijn soms slechts eenige centimeter dik, en hebben dus geen stevigheid genoeg om het gewicht van een mensch te kunnen dragen, maar wel verbergen en bedekken zij de spleet volkomen voor het oog. Gevaarlijk zijn zij dus in den hoogsten graad, en de toerist is dan genoodzaakt met de grootste behoedzaamheid voort te gaan, wegens die verradelijke sneeuwbruggen: hij moet onophoudelijk met zijn stok de sneeuw peilen, en blindelings de aanwijzingen van zijn gids volgen.

In sommige gevallen, hoewel die zeldzaam zijn, strekken de spleten zich uit tot op den bodem van het bergijs, en verdeelen dan de ijsmassa volkomen. Zulke doorloopende spleten ziet men vooral gedurende den zomer in den Aargletscher.

Als vele spleten op zekere plaats door elkander heen loopen, verdeelen zij het ijs in eene menigte blokken en naalden, die dunner worden, breken en afbrokkelen, onder den verwoestenden invloed van de dampkringslucht. Zoodoende vormen zij chaotische groepen van de wonderlijkste gedaanten. TYNDALL heeft in zijn *Glaciers of the Alps* zulk een fantastische groep afgebeeld, die hij op den glacier des Bois, het einde van de *Mer de Glace* van den Mont-Blanc gezien heeft. Door de zelfde oorzaak ontstaan ook de 15 tot 20 meter lange ijsnaalden, die als dooreengeworpen en opgestapeld liggen, op het uiteinde van den glacier des Bossons, boven het dal van Chamounix, en die p y r a m i d e n geheeten worden.

Vele reizigers, vele toeristen, vele gidsen zijn omgekomen in de groote spleten van het bergijs. Op de Alpen hoort men niet zelden verhalen van



De *Mer de Glace* op den Mont-blanc.

zulke treurige gebeurtenissen: hier volgen een paar van de belangrijksten.

Gedurende den zomer van het jaar 1790 dreef een bewoner van het dorp Grindelwald, CHRISTIAN BOHRER geheeten, een kudde schapen dwars over den gletscher, die naar dat dorp genoemd is. Aan den rand van het ijs gekomen' viel hij in een spleet die wel 120 meter diep was, en ten gevolge van dien vreeselijken val verloor hij zijn bewustzijn. Toen hij weer bijkwam, bevond hij zich in een volslagene duisternis tusschen twee steile ijsmuren, dicht bij een beek van smeltwater. Het murmelen van het water wekte zijn moed op, en op zijn knieën kruipende, volgde hij den loop van het water. Na verscheidene uren en met groote moeite zoo in de spleet van het bergijs gekropen te hebben, zag hij het daglicht weder, en bevond zich aan den voet van den Wetterhorn, waar de beek onder het ijs verdwijnt. Toen eerst ontdekte hij dat zijn linkerarm gebroken was. In den avond kwam hij te Grindelwald aan, als door een wonder aan den dood ontkomen, die hem zoo na gestaan had.

Op den 31sten Augustus 1821 bevond een predikant van Neuchâtel, MOURON geheeten, zich op den zelfden Grindelwaldgletscher. Hij ging op het ijs liggen, over een spleet heen, om den heerlijken blauwen weerschijn van het licht op de schitterende ijsmuren te bewonderen, en steunde daarbij op zijn stok, dien hij tegen den tegenoverliggenden ijsmuur vastgezet had, toen eensklaps zijn stok uitgleed, en de ongelukkige in den afgrond stortte. Zijn gids liep verschrikt naar het dorp terug, om het treurige geval te verkondigen. Maar niemand behalve de gids was getuige van het ongeluk geweest. Men begon te twijfelen aan de waarheid van zijn verhaal, want niets bewees dat de gids den predikant niet in den afgrond geworpen had, na hem eerst bestolen te hebben. En de gidsen van Grindelwald konden het denkbeeld niet verdragen, dat er een dergelijk vermoeden op een van hen zou rusten. Men besloot het lot te laten beslissen, wie van hen in den afgrond zou afdalen, om het lijk van den ongelukkigen predikant op te zoeken. Het lot viel op PETER BURGENER, een der krachtigste mannen van geheel Grindelwald. Men bond hem een touw om den middel, en vier mannen lieten hem in de spleet zakken, met een lantaarn om den hals, een stok met een ijzeren punt in de eene, en een schel in de andere hand. Tweemaal was BUNGENER op het punt van te stikken, en tweemaal gaf hij het sein om hem naar boven te halen. Maar eindelijk gelukte het hem om den bodem van den afgrond te bereiken, en dáár vond hij het verminkte lijk. Met zijn treurigen last beladen, haalde men hem weer op.

Bij het lijk vond men nog het horloge en de beurs van den overledene, en de gids was dus gerechtvaardigd. Het lijk van den predikant werd bij de deur van de kerk van Grindelwald begraven, en op den grafsteen leest men eene inscriptie ter gedachtenis aan die droevige gebeurtenis.

In 1846 trof Dr. BURSTENBINDER, van Berlijn, het zelfde lot op den Oetzthalgletscher. Wel haalde men hem levend uit de spleet, maar eenige uren later stierf hij.

Op den 7den Augustus 1800 viel een jong deensch dichter, ESHER, in een spleet

van den glacier du Buet. Niettegenstaande de herhaalde waarschuwingen van zijn gids, ging hij vooruit in gezelschap van een vriend, en liep slechts eenige honderde schreden voor hem, toen men hem in eens zag verdwijnen. Hij was in een spleet gevallen. Zijn vriend liep naar Servoz, om hulp te halen. Men vond den ongelukkigen jongeling in een spleet van 30 meter diepte, rechtop staande met de handen boven het hoofd, en geheel verstijfd door de koude van het ijs dat hem omringde, en door de koude van den dood.

In 1836 viel de gids Devoissons in een spleet van den glacier de Talèfre op de Mont-Blancketen. Daar hij een krachtige man was, gelukte het hem om uit de spleet te komen, door met zijn mes een soort van trap in den wand van de spleet te maken.

En hiermede zouden wij afscheid kunnen nemen van het bergijs, indien er nog niet een uit een geologisch oogpunt hoogst belangrijke zaak was, die wij noodzakelijk nog moeten bespreken, hoewel wij haar ook reeds vroeger met een enkel woord hebben vermeld. Ik noemde haar ook bij het spreken over den Humboldt-glacier reeds, namelijk de steenbrokken die op het bergijs liggen, en die daardoor vervoerd worden. Wat zijn die steenbrokken, hoe komen zij op het bergijs, en waar gaan zij heen? Het is de verweering, de macht waardoor het hardste gesteente eindelijk tot puin en stof vervalt, die brokjes en brokken steen losmaakt van de rotsen ter zijde van het bergijs, van de oeverrotsen van het bed van den bergijsstroom. Losgemaakt vallen zij op het ijs, en soms zijn er stukken steen bij van honderden kubieke meter groot. In onbewoonde dalen zouden zulke steenblokken, als zij op den naakten bodem vielen, nevens zoo velen die daar reeds liggen en met planten begroeid zijn, weinig de opmerkzaamheid tot zich trekken. Op de witte vlakte van het bergijs vallen zij des te meer in het oog, en dienen niet slechts om de beweging van het ijs te meten, maar ook als verkondigers van de mate van verweering en verslijting van de oeverrotsen. Slechts zulke blokken die nauwkeurig op het midden van het ijs (van den rand af gerekend) of zeer dicht daarbij nedervallen, gaan regelrecht naar beneden naar het dal; terwijl die, welke dichter bij den rand vallen, door eene naar den rand heen gerichte beweging van het bergijs, verder zijwaarts gevoerd worden. Gedeeltelijk hierdoor, en gedeeltelijk door eene rij van palen, die men in eene rechte lijn dwars over het bergijs heen plaatst, ontwaart men dat het bergijs in het midden sneller stroomt dan aan de kanten, gelijk eene rivier of ander vlietend water dat eveneens doet. Immers, zooals wij op een vorige bladzijde uitvoerig besproken hebben, vindt men na eenigen tijd de rechte lijn der palen in een naar beneden bolle bocht veranderd. Deels door die zijdelingsche beweging, deels door oorspronkelijk aan den rand nedergevallene rotsblokken, vormt er zich aan elke zijde van het bergijs, langs zijne geheele lengte, eene reeks van steenen, die men steendijk, *moraine*, noemt. Ter onderscheiding van andere dergelijke steendijken van het bergijs, die wij straks zullen beschouwen, heeten deze steendijken randsteendijken.

Ten gevolge van de wijze waarop deze ophoopingen van steenen ontstaan, liggen er in die dijken groote en kleine brokken bont door elkander, niet naar de wetten der zwaarte gerangschikt; zij zijn, daar zij nooit aan het afslijpende geweld van watervloeden onderworpen waren, scherp van kanten, en altijd afkomstig van de rotsen van dien oever, aan welks kant zij liggen. De steendijken zijn ware verzamelingen van zulke steenen, waaruit de rotsen aan hunne zijde bestaan. Ik zeg hier uitdrukkelijk (om eene straks te vermelden reden) dat die steendijkblokken niet naar de wet der zwaarte gerangschikt liggen, dat is de zwaarsten onder en de kleineren en lichteren boven op, gelijk het bij zulke steenen het geval zou moeten zijn, die door water samengespoeld waren. Slechts het toeval van het naar beneden storten bepaalde de opeenhooping dezer brokken.

De eindsteendijk van den Oberaargletscher.

Is een bergijsstroom zeer lang — en men kent er die 4 tot 5 uren gaans lang zijn — dan moeten zich ten laatste aan zijn onderste einde ook die steenen verzamelen, die bij zijn bovensten aanvang op de sneeuwijskom nedervielen. Daardoor is de eindsteendijk, de steendam aan den voet van het ijs, eene volledige verzameling van monsters of stalen van alle gesteenten, die over de groote uitgestrektheid voorkomen, want noodzakelijk moeten, zelfs bij de langste ijsstroomen, al die steendijkblokken ten laatste onder aan zijn benedeneinde aanlanden, en dáár door het smeltende bergijs als 't ware ontscheept worden. Daardoor vindt men aan alle ijsstroomen met veel steendijkgruis, aan het benedeneinde ontzettende massa's blokken opgestapeld, die eenigszins, wat ook de randsteendijken doen, de afsmeltende invloeden van het ijs afweren. Zulke eindsteendijken vormen een naar het dal ronden wal. Het behoeft nauwelijks vermeld te worden, dat de dikte dier steendijken afhankelijk is van de meerdere of mindere verbrokkeling en barstigheid der oeverrotsen. De bovenstaande afbeelding stelt den eindsteendijk van den Oberaargletscher voor, zoovals

die in 1849 bestond. Hij bestaat uit granietbrokken, die van den Oberaarhorn, den Grünhorn en den Rothhorn afkomstig zijn.

De Zermattgletscher.

De meeste ijsstroomen bestaan, in het laatste deel van hunne lengte, uit verscheidene samengevloeide en uit verschillende sneeuwijskommen ontsprongene

bergijsstroomen, op gelijke wijze als elke rivier uit kleinere beken samengesteld is. Als nu twee samenvloeiende ijsstroomen elk twee randsteendijken hebben, dan moeten, van de vereenigingsplaats af, de beide randsteendijken die elkander in den vereenigingshoek raken, de rechter van links en de linker van rechts, zich tot één steendijk vereenigen, zooals van zelf spreekt. Die uit twee rijen samengestelde steendijk heet dan middensteendijk, wijl hij voortaan op het midden van het bergijs blijft, al moge dit ook juist niet altijd het wiskunstige midden zijn; want de grootste der twee vereenigde ijsstroomen dringt den middensteendijk altijd een weinig op het gebied van den zwakkeren over. Komt er nu verder naar beneden nog een derde, vierde of nog meer bij, dan moet er natuurlijk, ten koste van den eenen randsteendijk van den bijkomenden ijsstroom en van een randsteendijk van den hoofdstroom, een nieuwe middensteendijk ontstaan. Daar deze middensteendijken somtijds tot aan het einde van het bergijs zeer scherp afgezonderd blijven, kan men door het getal der middensteendijken nauwkeurig weten uit hoevele, immers ten minste uit steendijken voerende ijsstroomen het einde van het bergijs samengesteld is, als men bij het getal der middensteendijken steeds één daarbij telt. Aan de inmondingsplaatsen van twee van rechts en links komende ijsstroomen, toont het bergijs altijd eene menigte onregelmatige scheuren, die door de drukking veroorzaakt zijn.

Een bergijstafel.

Behalve die op lange rijen gelegene steenen der steendijken, zijn er nog bovendien altijd enkele, soms zeer groote steenblokken over het bergijs verspreid. Dezen geven aanleiding tot hetgeen men gewoon is bergijstafels te noemen. Als zulke steenen namelijk met eene breede, platte vlakte op het ijs liggen, verhinderen zij op die plaats het smelten, en komen zoo langzamerhand, terwijl rondom het ijs wegdooit, steeds hooger en hooger op een voetstuk van ijs te

liggen. Doch ten laatste wordt dat voetstuk, naarmate het hooger wordt, door de zonnestralen getroffen, en dooit het aan de zuidzijde langzaam weg, totdat het blok scheef komt te liggen, en eindelijk, naar die zijde heen, van het voetstuk af glijdt. Valt het nu weder gelijk voorheen, dan moet het zich ook terstond weder tot eene tafel omhoog laten dooien, en zoo wandelt zulk een blok allengs voort, hoofdzakelijk in de richting waarin de meeste zonnewarmte op zijn voetstuk valt; terwijl het tevens met het bergijs naar het dal afzakt.

Kleine steentjes en andere donkere lichaampjes ondergaan een tegenovergesteld lot. Daar zij wegens hun donkerder kleur sterker verwarmd worden dan het blinkende ijs, dooit rondom en onder hen het ijs schielijker weg, en zinken zij langzamerhand een paar centimeter diep in kuiltjes, die nauwkeurig de wijdte van de inzinkende steentjes hebben. Dewijl er nu van de brokken, die van de bergen afstorten, ten tijde van hun vallen op het ijs, kleine stukjes afspringen, en er ook op andere wijzen velerlei vreemde lichamen op het bergijs geraken, is dit gewoonlijk vol kuiltjes, en daardoor alles behalve glad en ongeschikt om te begaan. Ziet men recht naar beneden naar de oppervlakte van het bergijs, dan vertoont zich deze, op grond van het vermelde, steeds donker gestippeld, terwijl zij zuiver schijnt als men onder het gaan vóór zich uitziet; wijl men alsdan de ingezonkene donkere voorwerpen niet kan zien.

Terwijl aan de bovenzijde van het bergijs alles rustig toegaat, en de opgehoopte steenen hoogstens in de randsteendijken elkander een weinig kunnen stooten, daar zij bij het afzakken van het bergijs natuurlijk een weinig mede bewogen worden, en wel doordat zij langs de oeverrotsen strijken, heeft er aan de onderzijde van het bergijs, waarmede het over den bodem en langs de zijwanden van zijne baan voortglijdt, iets geheel anders plaats. Het verbazende gewicht eener ijsmassa, die misschien uren lang, een vierde uur breed, en 100 tot 250 meter dik is, moet op alles wat er zich onder bevindt een verbrijzelenden druk oefenen. Door de randkloof, en zelfs somtijds door de tot op den grond doordringende dwarsche en overlangsche scheuren, kunnen er steenen onder het ijs geraken. Velen daarvan worden slechts tot kleine stukken vermorseld, doch de zachteren tot zand gewreven, dat aan den Aargletscher, door de bergijsbeek er uitgespoeld, zelfs van eene buitengewone fijnheid is. Door het vastvriezen van steenen aan de onderzijde, en vooral aan de oeverzijden van het bergijs, wordt dit als eene reusachtige vijl, die zonder ophouden de vlakte waarover zij heenstrijkt, groeft. De eindsteendijken, die aan het einde van zijne baan alles opstapelen wat het bergijs op zijnen rug voortsleept, moeten van de zoogenoemde g r o n d s t e e n d ij k e n verschillen, die uit de steenen bestaan, welke het ijs onder zich voortgesleept heeft, en die eindelijk aan zijn einde te voorschijn komen. De steenen der grondsteendijken zijn in het algemeen niet slechts kleiner maar zij onderscheiden zich ook daardoor van de overige steendijkblokken, dat zij de sporen van het geweld, dat zij geleden hebben, duidelijk vertoonen in hunne g l a d g e s l e p e n e o p p e r v l a k t e en in de fijne groefjes of k r a s s e n,

Roches moutonnées en bergijskrassen.

die zij door de hardo steenkorreltjes op hun moeielijken weg verkregen hebben.

Het afslijten en afknagen van de gesteenten door het bergijs heeft nog een ander uitwerksel, en wel op de gesteenten waarover heen het naar beneden zakt. Wij willen hier nog met een enkel woord over die sporen van de beweging van het bergijs spreken, namelijk over de k r a s s e n en g r o e v e n in de gesteenten, en over de zoogenoemde *roches moutonnées.*

Uit al het boven reeds gezegde is het gemakkelijk te begrijpen, dat het bergijs, ten gevolge van zijn ontzachelijk gewicht en zijne onophoudelijke beweging, een grooten invloed moet oefenen op de gesteenten, die zijn bed en zijne oevers vormen. Maar het ijs alleen veroorzaakt niet alle uitwerkselen die men waarneemt: zij zijn vooral ook te danken aan de laag van keien, zand en vochtig slijk, die gewoonlijk het bergijs scheidt van de gesteenten die het dragen, en welke stoffen als schuurpoeder of amaril werken. Ten gevolge van de aanwezigheid van die laag van *detritus* schuurt het bergijs de uitstekende punten en kanten van de gesteenten af, maakt hen rond en glad, en polijst hen zoo zuiver als de hand des menschen zou kunnen doen. Maar de harde steenbrokjes, die onder het bergijs liggen en voortgestuwd worden, en harder zijn dan het gesteente waarover zij voortgeschoven worden, graveeren krassen en groeven en zelfs diepe sporen in de rots, en werken dus, gelijk wij zooeven reeds opmerkten, als de tanden van een reusachtige vijl.

De naaste omtrek der glaciers, en de plaatsen waar vroeger bergijs gelegen heeft, zijn als bezaaid met rondgeslepene steenbrokken. De Saussure noemde de zulken *roches moutonnées*, omdat zij, van verre gezien, wel eenigszins op een kudde schapen gelijken. Andere geleerden vergelijken die rondgeslepene rotsbrokken bij hooibergen op een weide.

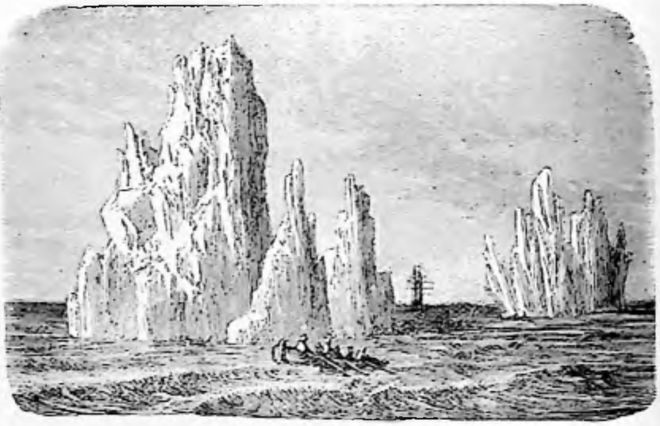
De schoonste voorbeelden van zulke door het bergijs bewerkte rotsen vindt men in Skandinavie en in de Alpen, vooral in den omtrek van den Aargletscher, den Zermattgletscher, den Rosenlauigletscher en anderen. Waar de rivier de Aar de schoone waterval van Handeck vormt, zijn alle rotsen, die boven den afgrond gevonden worden, ronde koepels, zoo glad en effen dat men er bevend over gaat: ook zijn zij de schoonste *roches moutonnées* van geheel Zwitserland.

Als het ijs op zijn weg naar beneden een beletsel ontmoet, dat het niet kan overwinnen, keert het als 't ware op zijne schreden terug, en tast de gesteenten aan den anderen kant aan. Men ziet dan duidelijk de groeven en krassen op de zijde die door het ijs is aangeraakt, terwijl de andere zijde van den steen zijn natuurlijke vormen vertoont. Dit verschijnsel ziet men vooral bij het zoogenoemde paviljoen op den Aargletscher.

Van den aard en de mineralogische samenstelling der gesteenten hangen de wijzigingen af, die zij door de beweging van het bergijs zullen ondergaan. De kalkgesteenten van den Rosenlaui en den Grindelwald worden bedekt met fijne

en diepe krassen, door de werking van de graniet- en gneisbrokjes, die boven, op de sneeuwkommen, gevallen en eindelijk onder het ijs gekomen zijn, maar zij worden zeer onvolkomen glad geslepen. Als het bed van een bergijsstroom uit zachte en verwrijfbare leemgesteenten bestaat, wordt hun oppervlakte gemakkelijk fijn gewreven en vlak gemaakt, maar zij vertoonen niet het gladde, noch de groeven, die men op hardere gesteenten waarneemt. Doch als het ijs voortglijdt over een graniet- of protogyngesteente, maakt de wrijving het zoo gepolijst als een spiegel. Nergens ziet men dit fraaier dan bij den Aar, op de plaats die men den Zwarten Spiegel noemt. Dit is een zeer groote oppervlakte van graniet, die zoo glad, effen en vlak is, dat men er voetstappen in heeft moeten hakken, om het loopen daarover mogelijk te maken. Aan de overzijde van het dal ziet men rechtstandige muren, even glad geslepen als de zoo even genoemde vlakte, slechts hier en daar afgebroken door groote en diepe groeven, onmiskenbare bewijzen van de werking der krachten, die in vorige dagen deze gesteenten hebben geslepen en gekrast.

Zóó ziet het er uit op en in en onder het bergijs. Er is nog zeer veel over dat verschijnsel der natuur te spreken, doch de vrees om te uitvoerig te worden, doet mij hier afbreken. Wij moeten ook nog een andere soort van ijs be-



Drijvende ijsbergen.

bezien, namelijk het ijs aan de polen. Op een vorige bladzijde heb ik wel reeds met een enkel woord over drijvende ijsbergen gesproken, doch niet die alleen vormen het ijs dat aan de polen heerschappij voert. Er is dáár ook ijs uit onmiddellijk bevroren water gevormd, en dat willen wij nu kortelijk bespreken, en meteen nog een blik op de drijvende ijsbergen, en eenige overige natuurverschijnselen van de poolstreken slaan.

De genius van het noorden zit nog altijd op zijn door onbeklimbare ijsmuren

omringden troon op de noordpool der aarde, en lacht nog altijd over de pogingen van den mensch, om tot het binnenste van zijn geheimzinnig rijk door te dringen. Te vergeefs hebben de moedigste zeelieden herhaaldelijk die muren bestormd, te

Drijfijs in de Poolzee.

vergeefs is alles geweest wat volharding en scheepvaartkunde hebben in het werk gesteld, om de geheimen die dáár verborgen zijn, te leeren kennen. Hier bouwde hij nieuwe, kristallen reuzenmuren op; dáár zond hij hun legioenen drijvende ijsblokken te gemoet; nu eens hulde hij hen in nevel en mist; dan weêr joeg hij

hen met stormen en orkanen voor zich uit; geen van allen is de gelukkige Colombo of Vasco de Gama geweest, die het doel zijner wenschen bereikte.

Weten wij dan niets van het noorden, van het rijk van eeuwige sneeuw en ijs? Zeker, niettegenstaande alle tot heden vergeefsche pogingen om de noordpool te bereiken, is toch reeds een groote hoek opgelicht van den sluier, die dat punt der aarde en zijn omtrek bedekte; en HUDSON, WILLOUGHBY, MULGRAVE, SCORESBY, BARENTSZ, HEEMSKERK, PARRY, ROSS, FRANKLIN, KANE, BUCHAN, M'CLURE en vele anderen, te veel om hier allen op te sommen, zijn de mannen geweest die de grenzen van het rijk van den ijskoning hebben overschreden, maar het geheel ingenomen hebben zij niet, want geen mensch heeft ooit rondom Kaap Tajmoer gezeild; aan den walrusjager ISSAKOW alleen is het ter goeder uur gelukt, de noorderspits van Nowaja Semlja om te varen, en WRANGEL kon, van Kaap Sjelagskoj af, niet verder dan tot 72° N. B. voortdringen. En slaan wij onze blikken op Groenland, dan zien wij het binnenland van dat groote land, tot zelfs op de breedte der Shetlands, nog even onbekend en ontoegankelijk als de noordpoolstreken zelven. Ten spijt van alle pogingen der noordpoolvaarders blijft een gebied, dat bijna zoo groot is als geheel Europa, nog steeds in het duister gehuld, en niemand weet of er land of ijs, of eene opene zee rondom de pool gelegen is.

Overal op den geheelen oceaan, overal waar de zeeman de golven der zee doorploegt, zijn rotsen en riffen voor hem met gevaar verbonden, en met angstigen blik ziet hij rond, of ondervraagt ook wel de diepte met het dieplood, of zij geen onheil in haren schoot verbergt. Dubbel, ja driedubbel gevaarlijk zijn echter de zeeën der pool, want dáár zijn de rotsen niet aan den grond geketend, maar vrij drijven zij rond, omringen het vaartuig, verdrukken het in eene doodelijke omarming, of slepen het, als een gevangene geboeid, met zich voort.

De ontzettende ijsmassa's, die men den naam van drijvende rotsen zou mogen geven, en die den noordpoolvaarder op zijn tocht naar het noorden te gemoet drijven, zijn zeer verschillend van oorsprong, en allen worden geenszins op gelijke wijze gevormd. Zoodra de winter met zijne vreeselijke koude aanvangt, worden alle inhammen en afgeslotene deelen der poolzee door een vast ijsdek overdekt, dat langzamerhand tot een dikte van 3 tot 5 meter aangroeit. Dat baaiijs, *bay-ice* van de Engelschen, wordt in den zomer aan de kanten los, en drijft met de eb naar de opene zee, waar het zoo lang heen en weêr geworpen wordt, totdat het òf in het begin van den volgenden winter ergens weder vastvriest, òf vroeger tot den vloeibaren toestand terugkeert.

Hoe gaat het in het noorden, als het water zoo koud wordt dat het kan bevriezen? Hoe komen er zulke drijvende ijsvelden in de zee?

Stellen wij dat de zee nog open is, maar dat de koude haar kracht begint te doen gevoelen. Eerst ontstaat er wat de engelsche matrozen *sludges* noemen, kleine, losse kristallen, als sneeuw die op het water drijft. Dezen maken de oppervlakte der zee vlak, ongeveer zooals olie, daarop gegoten, zulks zou doen. Die kristallen zouden weldra door de alles te boven gaande koude tot groote

platen samenvriezen, doch de golfslag verhindert dat, zoodat zij gewoonlijk ronde schijven van ongeveer acht centimeter in doorsnede vormen, die later tot grootere schijven, het zoogenaamde pannekoekijs, *pancake-ice*, aaneen vriezen. Eindelijk maken verscheidenen van die pannekoeken platen als tafelbladen, van eenige centimeter dikte en een meter in doorsnede. Wordt nu de golfbeweging der zee stiller, wat ongetwijfeld door die drijvende platen moet gebeuren, dan kan de oppervlakte der zee binnen 48 uren over eene uitgestrektheid van vele uren breedte, met een vast ijsveld bedekt worden. Het is waarschijnlijk dat de groote ijsvelden, die een van de wonderen der Poolzee uitmaken, op deze wijze in de opene zee gevormd worden, daar zulke ontzettende, soms vele vierkante mijlen groote massa's bezwaarlijk in inhammen gevormd, en er uit gedreven kunnen zijn. De dooreen genomene dikte der drijvende ijsvelden is van 3 tot 5 meter.

Een ijsveld.

IJsveld, *banquise* van de Franschen, *icefield* van de Engelschen, noemt men de groote uitgestrektheden water in vasten toestand, die de zeeën om de pool soms bedekken, zoodat het oog geen einde kan zien aan de ijskorst op het water. Men heeft ijsvelden gezien van 35 mijl lengte, 10 mijl breedte en 15 meter dikte. Gewoonlijk steken zulke ijsvelden een paar meters hoog boven water uit, terwijl het onder water liggende gedeelte 6 of 7 meter dik is.

Als men een stuk ijs, van zulk een ijsveld afkomstig, smelt, is het smeltwater zoet. Dit is het gevolg van een zeer bekend physisch verschijnsel. Als een zoutoplossing, gelijk het zeewater, bevriest, gaat het zuivere water alleen tot den vasten toestand over, de zoutoplossing wordt meer geconcentreerd, maar blijft vloeibaar. Het is dus voldoende een ijsschots uit de poolzee goed in zoet water af te spoelen, en vervolgens te smelten, om een water te verkrijgen dat tot drink- en waschwater geschikt is.

De ijsvelden die zich in het noorden vormen, worden door winden en stroomen zuidwaarts gedreven, maar meestal worden zij op dien weg door de golven der zee in stukken gebroken. Dan steken de stukken op alle mogelijke wijzen boven water uit, vriezen weêr aaneen, en vormen zoo de wonderlijke ijsgedaanten, die door de Engelschen *hummocks* geheeten worden, en zulk een zonderling uitzicht geven aan het ijs van het noorden. Zoo komt het, dat het voorkomen van de ijsvelden zoo verschillend is. Nu eens is het ijsveld een onsamenhangende chaos, gelijk een lavastroom vol spleten en scheuren, met ongeregeld gevormde blokken bedekt, dan weder is het een golvende vlakte, uit ijsschotsen van elken ouderdom en elke dikte bestaande, met hier en daar een muur van ijs, naalden en pieken van ijs, en ronde heuvelketenen van ijs.

In den zomer, als het begint te dooien, smelten de dunne schotsen het eerst, die de grootere ijsbrokken samenlijmden, en er een enkele massa van vormden. Dan scheiden de brokken zich van elkander, en de beweging van het water verspreidt hen in korten tijd, zoodat de schepen soms eene opene zee hebben, waar eenige uren vroeger niets als ijs te zien was. Maar een enkele dag van windstilte is niet zelden voldoende om die losse ijsschotsen weêr aaneen te doen vriezen, en weêr een onafzienbaar ijsveld te doen ontstaan, waar een dag te voren een open vaarwater was.

Het ontstaan van ijsbergen.

Vóór het laatst van Juli is de oppervlakte van zulke ijsvelden steeds met sneeuw bedekt, die somtijds twee meter hoog ligt, en tegen het einde van den zomer veelal, door te smelten, kleine meren op het ijs vormt. De grootste ijsvelden zijn somtijds geheel vlak en effen, doch gewoonlijk vindt men hen met tallooze ijsbrokken als bezaaid, die den schrillen witten glans der sneeuwvlakten breken, door schaduwen van het teederste blauw in alle holligheden te werpen.

Die drijvende ijsvelden liggen, zooals hun naam reeds aanduidt, niet stil op het water, maar drijven uit de wateren tusschen Groenland en Spitsbergen, als mede uit den wijden mond van de Straat Davis, naar het zuiden, en op die reis worden er jaarlijks velen vernietigd. De golfslag verbrokkelt hen onder een vreeselijk gekraak, en verandert hen in d r ij f ij s, dat langzamerhand geheel verdwijnt. Niet zelden geraken zulke ijsvelden in eene draaiende beweging, waarbij de buitenste omtrek met eene snelheid van verscheidene engelsche mijlen in het uur rondvliegt. Wanneer zulk een draaiend ijsveld met een ander in aanraking komt, dat bovendien misschien in eene tegenovergestelde richting draait — wanneer massa's waarvan elk eenige millioenen tonnen zwaar is, met alle kracht der snelheid en der zwaarte tegen elkander aanbonzen, dan kan de verbeelding zich bezwaarlijk een geweldiger samentreffen voorstellen, dan daarbij plaats heeft.

Boven heb ik reeds aangetoond dat de ij s b e r g e n, die in de zeeën van het noorden drijven, verschillen van de ij s v e l d e n, door de wijze waarop zij ontstaan.

Het ontstaan van ijsbergen,

De laatsten zijn brokken w a t e r ij s, de eersten brokken b e r g ij s, stukken van de bergijsstroomen, die langzamerhand van het land af in zee glijden. Gelijk de rivieren steeds hare wateren in zee gieten, dalen ook de ijsstroomen van het hooge noorden steeds verder en verder in de zee, en de in zee opgeschovene gedeelten breken van het bergijs af, en drijven weg. Zij breken af, niet omdat zij ten gevolge van hunne eigene zwaarte niet langer met het bergijs verbonden konden blijven, maar omdat de opheffende werking van het water de overhangende massa's doet afbreken. Doch dit vordert hier misschien eene korte verklaring.

De opheffende kracht van het water, zei ik, breekt die stukken ijs los: men zou echter even goed kunnen zeggen, dat de oorzaak van het losbreken dier brokken niet zoo zeer in de opheffende kracht van het water, en nog veel minder in hunne eigene zwaarte gelegen is, als wel juist in hunne **lichtheid**, dat is in hun geringer soortelijk gewicht, dan dat van het zeewater. Het is bekend dat er zekere kracht noodig is om een lichaam, dat lichter dan water is, onder water te dompelen, bij voorbeeld eene kurk, eene blaas met lucht gevuld, een omgekeerd bierglas, en dat zulke dingen met geweld weder naar den waterspiegel

Een doorboorde ijsberg door John Ross gezien.

rijzen, ja zelfs daar wel een weinig boven uit stijgen, als men hen onder water loslaat. Ook is het bekend dat ijs lichter is dan water, en vooral is dat verschil zeer groot tusschen zoetwaterijs en het zoute water, waarover hier sprake is. Stellen wij ons voor, dat het uiteinde van den bergijsstroom in

de hellende richting van zijne landbaan misschien dertig en meer meter ondergedompeld is, dan moet die ijsmassa voortdurend pogingen doen om naar boven te stijgen, omdat zij soortelijk veel lichter dan water is, terwijl zij in dat streven slechts verhinderd wordt door haren samenhang met het overige van den ijsstroom. Hoe grooter nu dat ondergedokene gedeelte van den afschuivenden ijsstroom wordt, des te dieper duikt het van voren in de zee, en des te sterker wordt zijn streven om aan de oppervlakte te geraken. En toch zou dat streven alleen het brok ijs niet kunnen losmaken, er komen waarschijnlijk nog andere,

Parry op zijn tocht naar de Noordpool.

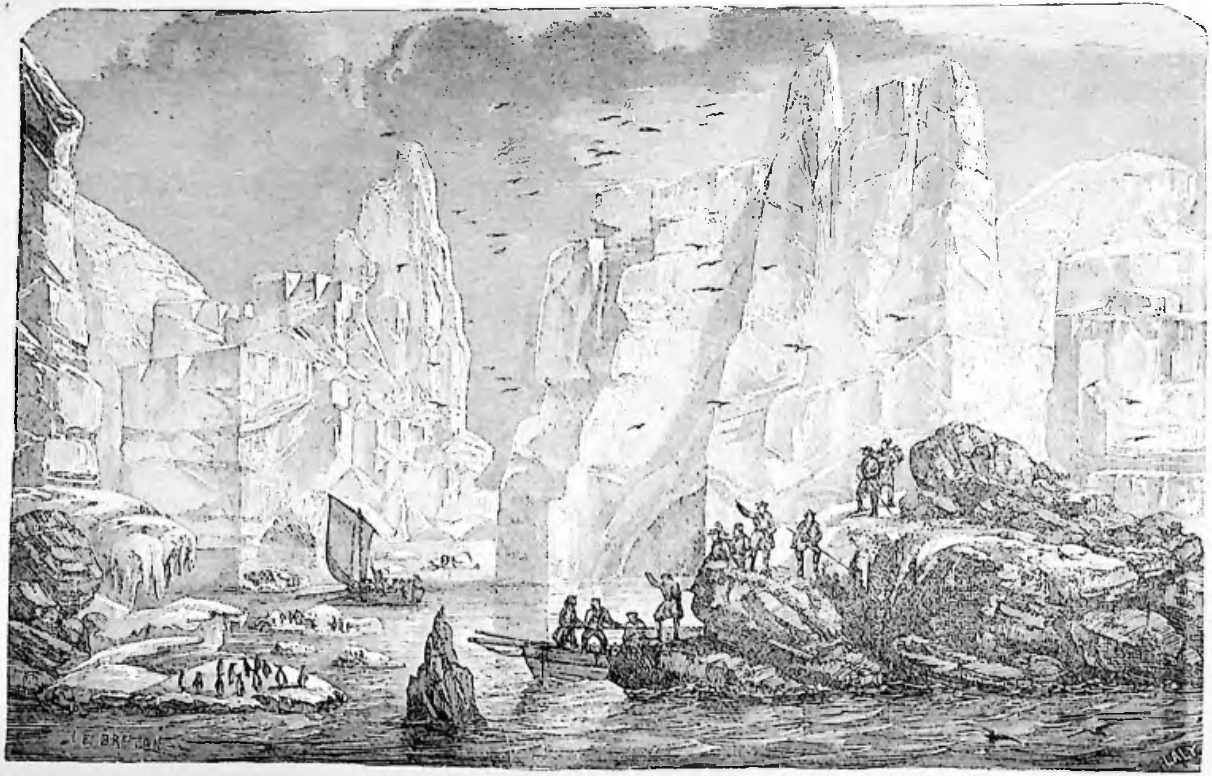
toevallige omstandigheden bij, zooals kloven, barsten, poreuze strooken enz. Dat geboren worden van een ijsberg noemt de Eskimo het kalveren der ijsvelden.

Over het andere onderscheid tusschen de ijsvelden en de ijsbergen, namelijk dat de laatsten niet zelden met steenbrokken en zand zijn bedekt, en de eersten

nooit, sprak ik boven reeds. Hoe die steenbrokken op het bergijs komen, heb ik toen tevens verklaard. Hier dus nog slechts het volgende: Indien een stuk bergijs, in zee opgeschoven, van den ijsstroom afbreekt, blijft het natuurlijk beladen met de steenbrokken, die er op liggen en er op vast gevroren, of wel door vroeger dooien er in weg gezonken zijn. KANE geeft aan zulke met steenen beladene ijsbergen den zeer gepasten naam van *bergrafts*, bergvlotten. Daar nu die steenen, somtijds zeer zwaar zijnde, de ijsbergen, waarop zij liggen, diep in het water naar beneden drukken, drijven dezen dikwijls t e g e n den Golfstroom in

De vulkaan Erebus op het land aan de Zuidpool.

dewijl hun onderste gedeelte door dien naar het noorden gaanden stroom heendringt, en dan reiken zij tot in den kouden, van de pool komenden onderstroom, die hen medeneemt naar het zuiden. En zoo komen zij dan in den omtrek van Newfoundland, waar zij smelten, zooals wij boven reeds gezien hebben.



Ontdekking van Adelieland door Dumont d'Urville in 1839.

De meeste vlottende ijsbergen die door walvischvangers gezien worden, vormen zich aan de westkust van Groenland, vooral in de Jacobsbaai en in de Bocht van Disco, en zijn niet zelden van eene ontzettende grootte. Zoo mat Parry, in de Baai van Baffins, een gestranden ijsberg die 4169 meter lang en 3869 meter breed was, en nog 17 meter hoog boven het water uitstak, ofschoon hij op eene diepte van 60 vadem (120 meter) op den grond lag. Wij verwonderen ons over zulke reusachtige ijsmassa's, maar als wij aan den grootschen maatstaf denken, waarnaar de natuur de bergijsstroomen van het hooge noorden heeft aangelegd, als wij lezen dat die ijsstroomen somtijds een voet hebben van meer dan 2000 meter breedte en 200 meter hoogte boven het waterpas der zee, ja, dat zelfs de Humboldtglacier, dat wonderwerk der schepping waarover ik boven sprak, mijlen en mijlen lang zijn voorhoofd den schuimenden vloed aanbiedt, dan komt ons de reusachtige grootte dier ijsbergen niet meer zoo wonderbaar voor.

De meest voorkomende gedaante van zulke drijvende ijskolossen is die van een hoogen, loodrechten muur, die langzaam naar het eene einde afhelt; maar ook dikwijls hebben zij de grilligste vormen, en wel vooral dan als warmte en branding, storm en regen langen tijd er aan geknaagd hebben, zooals de afbeeldingen op vorige bladzijden ons bewijzen. Hunne kleur is meestal wit als krijt of somtijds grijs, maar in het heldere zonnelicht schitteren zij als juweelen met de prachtigste kleuren.

In den omtrek van Spitsbergen zijn de ijsbergen zeldzaam, en zelden zeer groot, maar in de Straat Davis heeft men ijsbergen gezien, die zeker meer dan een half uur gaans lang en breed waren, en die meer dan 50 meter hoog boven water uitstaken, waaruit volgt dat zij meer dan 200 meter onder water lagen, want de verhouding tusschen het ijs boven water en onder water is als van 1 tot 4 of 5.

Wonderlijk zijn soms de vormen van die ijsreuzen, die onophoudelijk door den golfslag en de lucht worden aangetast en afgeknaagd. Nu eens meent men een drijvend eiland te zien, met baaien en kapen, dan weder een steilen muur met torens en kanteelen; nu eens zijn het hooge piramiden, dan weder afgeknotte kegels, en soms zelfs vlakke ronde platen.

Niet zelden ontmoet men duizende ijsbergen tot een enkel blok vereenigd. Zulk een blok van ijsbergen ziet er uit als een stad van reuzen, die door de eene of andere geologische oorzaak verwoest is, en op genade of ongenade van de winden en de wateren her- en derwaarts wordt geworpen. Het licht breekt in duizend tinten en flikkeringen op die paleizen van kristal en zilver. Als de stem van de mensch zich laat hooren in die eenzaamheid, wordt zij door duizende echo's beantwoord, en kan men zich verbeelden dat de geesten van ijs en sneeuw antwoorden, aan wie zich verstout hunne eenzaamheid en stilte te verstoren.

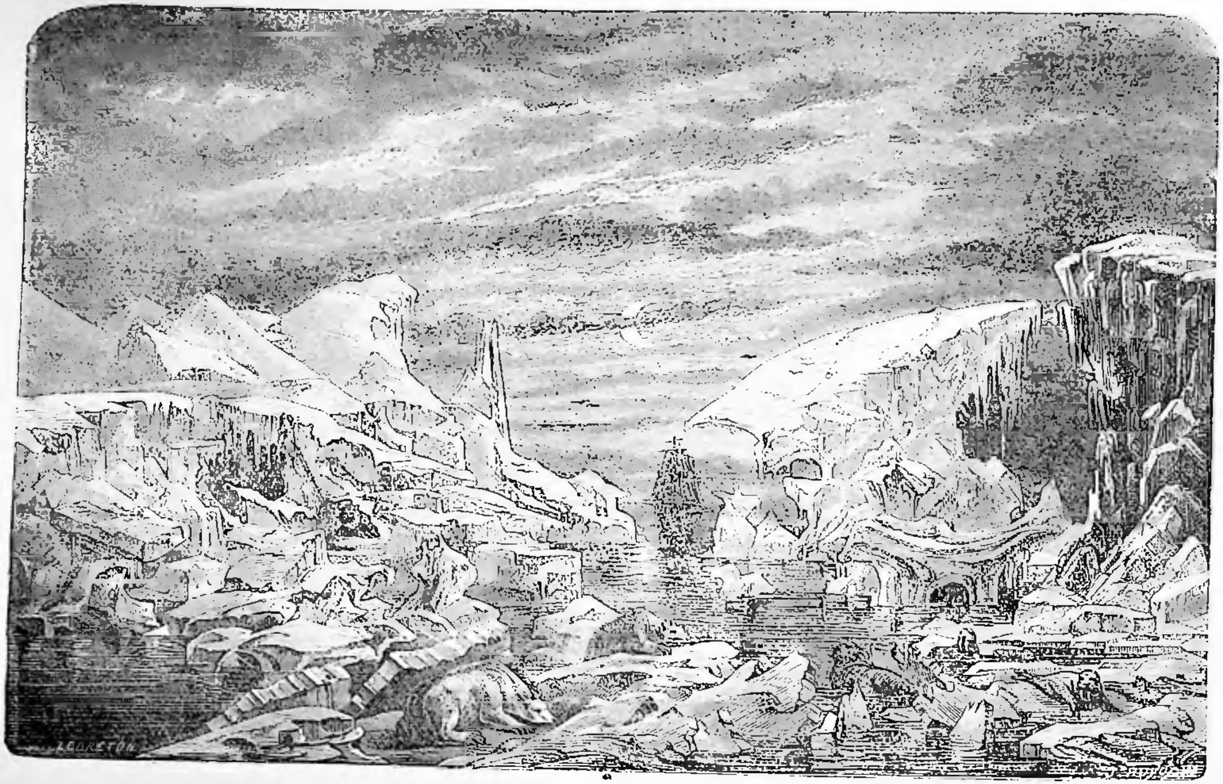
Er is zeker voor den zeeman niets gevaarlijker dan zulk een ijsveld, al hoe schoon het is voor het oog. „Men moet, zegt Malte-Brun, een ijzeren moed hebben om deze ongastvrije zeeën te durven bezoeken, want al is het dat de

zeeman hier geen stormen te vreezen heeft, hij loopt hier andere gevaren, wel in staat om den stoutmoedigste af te schrikken. Ontzettende ijsbergen door de winden en stroomen heen en weer gedreven, stooten tegen het brooze vaartuig aan, en er is geen klip of rots, die zoo moeielijk te vermijden is. Die drijvende ijsbergen omringen het schip, en sluiten het in, zoodat het niet kan ontkomen, want er blijft geen uitweg over: te vergeefs tracht men met den bijl een weg

Tocht van de schepen *Hecla* en *Griper* door het ijs.

te banen door die ijsmassa's heen, te vergeefs haalt men het zeil op om den wind te baat te nemen: het vaartuig is als vastgemetseld in het ijs, en de zeeman heeft slechts den dood voor oogen.

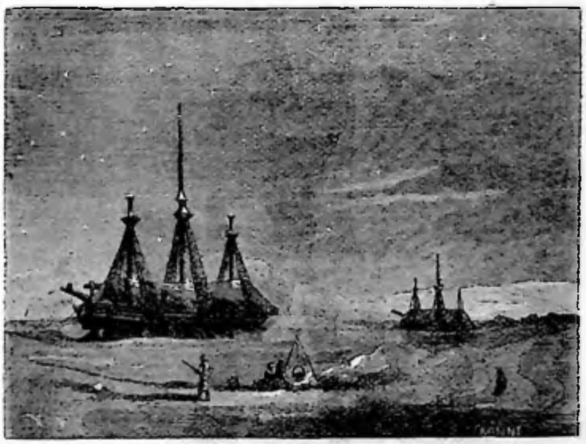
„De ijsbergen zijn soms in snelle beweging, draaien zelfs in het rond, en stooten daarbij niet zelden tegen elkander aan. Volgens ooggetuigen is er niets wat in grootheid het schouwspel te boven gaat van twee ijsbergen dio tegen



IJsbergen en ijsschotsen.

elkander stooten. Men stelle zich eene massa van soms twintig millioen ton gewicht voor, die plotseling in hare beweging gestoord wordt. En als twee zulke massa's, die met een gelijke snelheid voort gaan, elkander ontmoeten, wat moet er dan worden van een schip, dat tusschen zulk een verschrikkelijke knijptang geraakt! „Ik heb gezien, zegt Scoresby, dat een schip tusschen twee ijsmuren verbrijzeld werd: in één oogenblik was het vernield. Slechts de top van de groote mast stak boven dat drijvende graf uit, als een grafteeken. Een ander schip werd van voren opgeheven als een paard dat steigert. Twee schoone driemasters werden voor mijne oogen geheel door midden gesneden, door een scherpe ijsschots van meer dan 30 meter lengte."

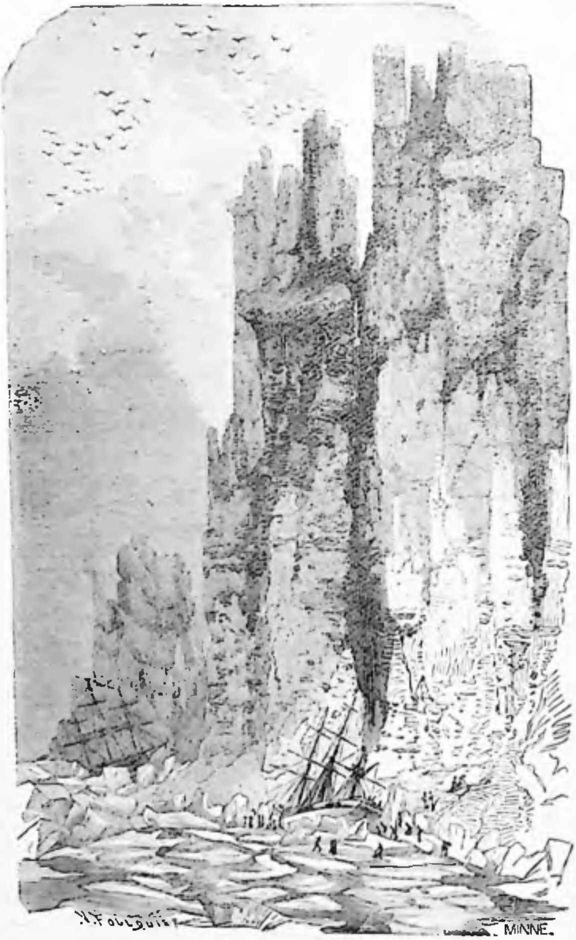
Een gezicht op de ijsvelden van de noordpool geeft ons de afbeelding op de vorige bladzijde. Het is eene voorstelling van den tocht van kapt. Parry met de schepen de *Hecla* en de *Griger*, door het ijs nabij Melvilleland: men was



De schepen *Hecla* en *Griger* bij Melvilleland overwinterende.

genoodzaakt om een kanaal van eene mijl lang in het ijs te zagen, om de ankerplaats in de Winterbaai te bereiken. De afbeelding op deze bladzijde stelt die beide schepen voor, tijdens de overwintering van Parry op Melvilleland. En eindelijk stelt de achterstaande afbeelding het oogenblik voor, waarop de zelfde kapt. Parry, op een latere reis naar het noorden, genoodzaakt werd om zijn schip *the Fury* in Prince-regent-sound te verlaten, daar het in het drijfijs zoodanig besloten werd, dat het niet meer geschikt was om zee te bouwen. Parry keerde daarop naar Engeland terug, doch ging in 1826 weder noordwaarts met het schip de *Hecla*, en deed toen de tocht over het ijs op sleden, die in de geschiedenis van de ontdekkingen in het noorden zoo beroemd is. Doch het is hier de plaats niet om verder over die tochten naar het noorden te spreken: wij hebben deze afbeeldingen, alsmede de nevensstaande plaat, hier slechts doen plaatsen om een denkbeeld van het voorkomen en het uitzicht van het ijs, van ijsbergen en ijsvelden te geven.

Niet in de poolzeeën alleen treft de zeeman zulke vlottende ijsklompen aan, soms worden zij ver van het land verwijderd, en op veel zuidelijker breedten aangetroffen, en daarom moeten de zeelieden die den Atlantischen oceaan, tusschen 50° en 60°, ja zelfs nog zuidelijker doorploegen, in den donkeren nacht en bij mistig weder steeds voor het ijs op hunne hoede zijn. Somtijds ziet men hen aan den mond van de Straat Davis als op lange rijen liggen, of als eene keten aaneen geschakeld, en dáár hebben zij reeds menig schip verbrijzeld, dat door




Het schip *the Fury* in het drijfijs.

stormweder tusschen die blokken geraakte. Enkele, afzonderlijk drijvende ijsbergen zijn daarentegen zelden gevaarlijk; somtijds zijn zij zelfs den zeeman nuttig. Want zelfs de sterkste wind heeft, zoo het schijnt, geen grooten invloed op die massa's, integendeel, daar alle kleine brokken snel vooruit drijven, gelijkt

het alsof zij zelven tegen den wind indrijven. Bij een sterken tegenwind vormen zij dus eene voortreffelijke ankerplaats, en onder hunne bescherming laat de walvischvanger het drijfijs voorbij trekken, of maakt in vrij groote veiligheid de toebereidselen tot zijn werk. Maar ook dat ankeren aan de zijde van een ijsberg is geenszins altijd zonder gevaar; daar er dikwijls eene kleine omstandigheid noodig is om den kolossus het evenwicht te doen verliezen, waardoor hij omtuimelt.

Ook gebeurt het wel dat de ijsbergen op ondiepten stranden, en in dit geval blijven zij niet zelden jaren aaneen op de zelfde plaats liggen. Zoo maken Fabritius en Kranz melding van twee ijsbergen, die in de Zuidoosterbaai (in de Baffinsbaai) gedurende verscheidene jaren, als 't ware, wortel geschoten hadden, en door de hollandsche walvischvangers, om hunne grootte en ligging, Amsterdam en Haarlem geheeten werden.

In het laatst van den korten zomer is het ijs van de Poolzee ongemeen broos, zoodat een slag met een bijl soms zeer uitgestrekte gevolgen heeft. Scoresby verhaalt de geschiedenis van twee matrozen, die een anker op een ijsberg moesten vastmaken. Daartoe wilden zij een kuil kappen, doch nauwelijks was de eerste slag gevallen, of de reuzenmassa scheurde van onderen naar boven, en viel in twee helften uiteen. Een der matrozen liep, met groote tegenwoordigheid van geest, bij den wankelenden ijsklomp op, in eene aan de buiteling tegenovergestelde richting, en sprong rond op den heen en weêr slingerenden klomp, totdat het evenwicht hersteld was. Maar zijn kameraad viel in de spleet tusschen de beide massa's, en zou waarschijnlijk verpletterd of verdronken zijn, als het door de spleet stroomende water hem niet mede voortgesleept, en in de nabijheid van de wachtende boot had gebracht.

Nu willen wij nog een blik werpen op een paar natuurverschijnsels in het noorden, die men op onze gematigde breedten niet ziet, en natuurlijk nog veel minder tusschen de keerkringen. Het eerste dat ik bedoel, is de zoogenoemde ijsblink, of de weêrschijn van het ijs tegen den hemel. Een heldere streep van licht, aan de morgenschemering gelijk, doch zonder haren rooden gloed, verschijnt in de lucht juist boven den horizon, en teekent daar eene volkomene kaart af van het ijs, zooals het 20 tot 30 mijl aan gindsche zijde der grens van den gewonen gezichtskring gelegen is. Die ijsblink is den bedrevenen zeeman niet zelden van veel nut, daar dit verschijnsel hem niet slechts op de nabijheid van groote massa's ijs opmerkzaam maakt, maar hem ook den aard van het ijs doet kennen, of het vast of los, samenhangend of open is. [1]

Scoresby verhaalt dat hij op den 7den Juni 1821 een zoo helderen ijsblink aan den horizon zag, dat hij 20 of 30 mijl in het rond de gedaante en de waarschijnlijke uitgebreidheid of grootte van elk afzonderlijk ijsveld kon bepalen.

1 Men wil dat de naam van het Vuurland, *Terra del fuego*, door de spaansche ontdekkers aan dat met sneeuw en ijs bedekte land gegeven is, ten gevolge van den gloed in de lucht, de ijsblink, dien men dáár bijna altijd waarneemt.

Gepakt en los drijfijs was aan de hier meer en daar minder dof gele kleur te herkennen, terwijl elke ijsvrije plaats of elke watervlakte, eene donkerblauwe streep of een blauwachtig zwart vak midden in den ijsblink afteekenende, den zeeman nauwkeurig aanwees waar het water open was, of waar drijfijs den doortocht moeilijk kon maken. Op die wijze slechts was hij in staat om in het noordwesten van de door ijs omringde kom, waarin hij reeds lang als gevangen was, eene wijde opening ter uittocht te ontdekken, en op den ijsblink vertrouwende, kwam hij gelukkig weder in de opene zee.

Het tweede luchtverschijnsel in het noorden, waarover ik hier een enkel woord moet spreken, zijn de spiegelingen en beelden in de lucht, die, door de ongelijke warmtegraad en dichtheid der verschillende lagen van de atmosfeer, zoo dikwijls boven de wateren van het hooge noorden getooverd worden.

„Zoodra," zegt Scoresby, wien wij als een der geloofwaardigste onderzoekers van het hooge noorden alweder aanhalen, „de nevel op den 16den Juli optrok, veroorzaakte de invloed der zon weldra eene belangrijke uitdamping van het water en van het ijs, en verwekte daardoor optische verschijnselen en eene ongelijke straalbreking, die, al veranderende, van 60 tot 70 uren duurden. Op sommige oogenblikken waren die verschijnselen zoo algemeen, dat de ruimte waarin het schip zeilde, een groot amphitheater scheen te zijn, aan alle kanten besloten door hooge wanden van ijs, dat er als zuilenrijen uitzag. Op eenige plaatsen, waar men water in plaats van ijs door de straalbrekende middenstof heen zag, had de rots, die het scheen te vormen, volkomen de kleur en het uitzicht van echte basaltzuilen; en waar water en ijs te gelijk gebroken werden, geleken de ijsplekken somtijds zoo volkomen op het land, dat zelfs een mijner bedrevendste stuurlieden daardoor bedrogen werd. Menigmaal was die luchtspiegeling aan alle zijden gelijk, maar ook dikwijls zeer onregelmatig. Enkele ijsblokken geleken op bouwkunstige figuren van eene ongewone hoogte, en somtijds scheen de geheele, diep uitgetande ijsrand in de verte eene ontzettende menigte van spitse torens en minarets, of een dicht bosch van boomstammen te zijn."

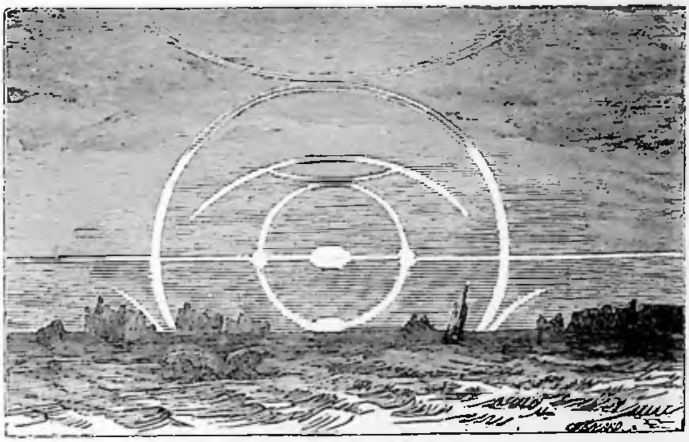
Het gewone voorkomen dier kusten onder den invloed van de ongelijke straalbreking, is meestal dat van eene uitgestrekte oude stad, met ruïnen van kasteelen, kerken en zuilen. Nauwelijks heeft men het eene of andere voorwerp duidelijk gezien, of het verandert al weder in eene andere gedaante. Afwisselend stelt het een kasteel, eene kathedraal of eene obelisk voor, en dan breidt het zich als in de breedte uit, en vormt een enkelen, wijden, prachtigen boog over een groot dal heen.

Vooral de loodrechte trillingen der lucht veroorzaken die zuilfiguren, en de ongelijke of afwisselende dichtheid der horizontale, parallel loopende luchtlagen de verbreeding van sommige voorwerpen, en de verdraaiing van anderen.

Voor den zeeman is die luchtspiegeling een lastig verschijnsel, want

daar de dampen op zekeren afstand aan alle voorwerpen trillende, onzekere omtrekken geven, kunnen schepen die slechts een paar eng. mijlen verwijderd zijn, niet meer goed onderscheiden worden; een muur van ijs schijnt den zeeman te omringen, en het is hem onmogelijk zich een goed denkbeeld te verschaffen van den toestand en de richting van den koers der schepen, die in het gezicht zijn — eene kennis die voor den walvischvanger soms van het meeste belang kan zijn.

Een ander prachtig luchtverschijnsel dat in onze streken zelden, maar in het noorden dikwijls gezien wordt, is een gevolg van de breking der lichtstralen in den ijsnevel, de bevroren mist, die zoo dikwijls op de poolstreken rust. Daardoor ontstaan er lichtende kringen om de zon, en bijzonnen en andere verschijnselen van dien aard. De eerste ondernemende zeeman, die gedwongen was om in de IJszee te overwinteren, onze landgenoot WILLEM BARENTSZ, zag op den 4den Juni 1596 een prachtig en wonderbaar lichtverschijnsel om de zon: eene heerlijk schoone kroon van ringen en banden van licht, en bijzonnen. Dit verschijnsel is in 't kort op de volgende wijs te verklaren



Bijzonnen en kringen in de poolstreken.

Indien de lucht stil is, ondervinden de ijsnaaldjes van een ijsnevel de werking der zwaarte. Ten gevolge daarvan nemen de ijsnaaldjes de houding aan die een vallende stok, bij voorbeeld die van een vuurpijl, aanneemt. In elk staafje van de millioenen ijsnaaldjes, die in de lucht zweven, spiegelt zich de zon. Maar in ons oog geraken, naar de wetten der straalbreking, slechts die stralen, welke, invallend en teruggekaatst, gelijk loopen of in het zelfde vlak blijven als de lijn, die van de zon naar ons oog getrokken kan worden. De spiegelbeelden, die ons oog bereiken, liggen ten gevolge van die wet op bepaalde rijen, welker middenpunt de zon is, en die — wegens het groote getal en de dichte opeenhooping van de op zich zelven zwakke beelden — eene midden door de zon getrokkene en min of meer ver aan den hemel voortloopende strook van een

bleek licht schijnen te zijn. De spiegeling in de vlakke zijden der ijsnaaldjes verwekt ook zulk eene strook van licht, die de loodrechte ligging dier vlakken rechthoekig snijdt, en alzoo een loodrechte strook van licht vormt, die zich aan beide zijden van de zon uitstrekt, en meer of min ver te zien is. De vlakken, die veelal de ijsnaaldjes van boven en van onderen tot spitse zeshoeken maken, veroorzaken andere, in eene schuinsche richting loopende lichtstrooken, die echter steeds vóór de zon elkander kruisen. Ook de eene of andere luchtstroom, die aan de staafjes eene scheeve houding geeft, kan zulke schuinsche strooken veroorzaken. Daarbij komen dan nog de kringen om de zon, en waar dezen en de lichtstroomen elkander kruisen, daar ontstaat een bijzonder sterk schijnsel, alsof er daar nog een tweede, een derde zon enz. stond. Zulke schijnbare zonnen heeten b ij z o n n e n, p a r h e l i ë n. De lichtstrooken zijn eigenlijk ook dicht opeen gedrongene bijzonnen, en stellen gedeelten van onvolledige kringen voor; zij kunnen derhalve b ij z o n k r i n g e n, p a r h e l i s c h e kringen, geheeten worden. Bij de maan zijn wegens de zwakte van haar licht zulke

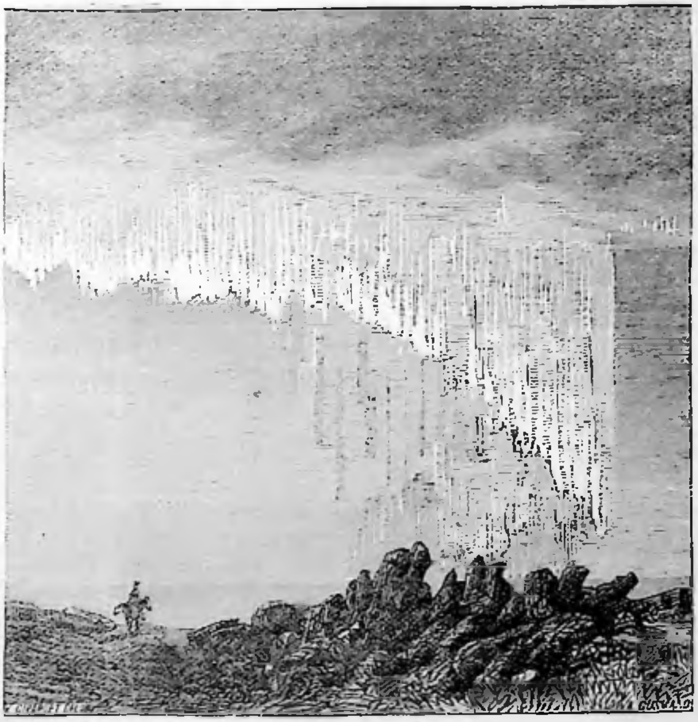
Kring om de zon.

samengestelde verschijnselen der spiegeling en der straalbreking veel zeldzamer dan bij de zon. Slechts b ij m a n e n komen somtijds te voorschijn, terwijl de strooken te zwak van licht blijven om gezien te kunnen worden.

Gelijke oorzaken verwekken overal op aarde gelijke uitwerkselen. Midden in den tropischen oceaan ziet de zeeman, door luchtspiegeling, straalbreking en opdoeming misleid, bloeiende eilanden uit de wateren oprijzen, en in de boomlooze zandwoestijn meent de van dorst versmachtende karavaan, boschjes en

palmboomen te zien. Maar een verschijnsel dat der tropische zone eeuwig vreemd blijft, is dat van het even prachtige als raadselachtige **n o o r d e r l i c h t**, dat zoo dikwijls aan de nachten in het noorden zijn tooverachtigen gloed mededeelt, en dat wij hier ten slotte willen beschouwen.

Gelijk van alle grootsche natuurverschijnselen, is het onmogelijk om door beschrijving of afbeelding eene voldoende voorstelling van het noorderlicht te geven. Wie de zee niet gezien heeft, of de Niagara niet heeft hooren donderen; wie het alpengloeien niet bewonderd, of het lichten der zee niet met verbazing heeft gezien, dien kunnen noch woorden noch beelden een denkbeeld geven van zulke en dergelijke verschijnselen, want alles wat men er van zegt, blijft verre beneden de werkelijkheid. Zoo is het ook met het noorderlicht, en dit is bovendien nog daarom zoo veel moeielijker te beschrijven, wijl het onafgebroken wisselt en verandert.



Noorderlicht.

Hartwig zegt in zijn *Hohe Norden*, een boek dat ik in onze taal heb overgebracht, het volgende van het noorderlicht:

„Het is nacht op de met sneeuw bedekte aarde; mat en dof schijnen de sterren door den nevelsluier, die zoo dikwijls in het hooge noorden haren glans verduistert. Dáár vertoont zich, ver aan de kim, ongeveer ter plaatse waar zij

door den magnetischen meridiaan doorsneden wordt, een breede, helder lichtende boog, die, steeds van gedaante veranderende en als golvende, soms uren aaneen staan blijft, vóórdat stralen en lichtbundels er uitschieten, en tot aan het zenith opstijgen. Nu stroomen er vuurzuilen uit den lichtboog, dan verheffen zij zich op eens op verschillende punten van den horizon, en vereenigen zich tot een trillende vuurzee, die elk oogenblik andere en weêr andere vormen aan hare lichtende golven geeft. Rondom het punt van het hemelgewelf dat aan de richting van de magneetnaald beantwoordt, scharen de stralen zich eindelijk tot een prachtigen lichtkoepel, tot de zoogenoemde kroon, bijeen, en met het ontstaan daarvan bereikt het verschijnsel tevens zijn hoogste punt. De gloed der stralen, die van onderen rood, in het midden groen, en van boven, bij het zenith, bleekgeel van kleur zijn, neemt telkens toe, en met eene groote snelheid flikkeren zij door het ruime hemelruim. Wonderbaar doorschijnend zijn de kleuren. Het rood wordt helder bloedrood, het groen wordt bleek smaragdkleurig.

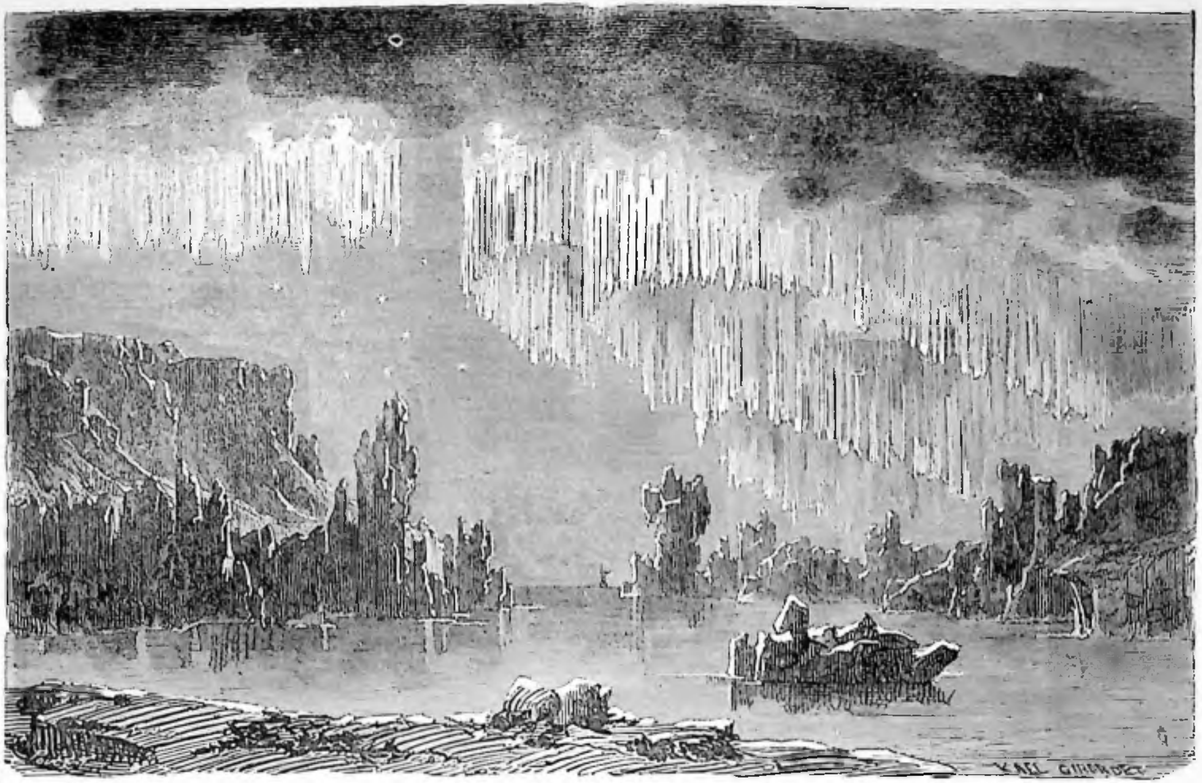
„En als men dan den verwonderden blik van het vlammende uitspansel naar de aarde laat afdalen, ziet men ook deze in een tooverlicht gloeien. De donkere zee, zoo zwart als een meer van asphalt, steekt schril af tegen de witte sneeuw, die tot in de verte het land bedekt. Alle omtrekken sidderen, alsof de vaste bodem eene wezenlooze droomgestalte was. De toppen der rotsen zijn door een flikkerend schijnsel omstraald, dat uit het gesteente zelf, als de vlammen uit een krater, schijnt voort te komen; en de doodelijke stilte van den nacht verhoogt nog het indrukwekkende van dit prachtige schouwspel.

Maar langzamerhand verbleekt de kroon, de lichtboog verdwijnt, de stralen worden korter, zeldzamer, en verliezen hunne kleuren. Weldra ziet men aan den geheelen hemel niets als breede, bleeke, bijna aschgrauwe, onregelmatig verstrooide, onbewegelijke plekken, die langzamerhand in flauwe, dunne wolkjes veranderen, totdat ten laatste de donkere nacht het geheele wonderbare schouwspel verslindt, en de dichte duisternis van den noordschen winter weder heerscht over de eenzame, woeste vlakten."

Hoewel alle waarnemers overeenstemmen ten opzichte van de pracht van het noorderlicht, en niet genoeg de natuur weten te prijzen, die in elken aardgordel hare bijzondere schoonheden heeft, opdat de mensch overal den Schepper in de heerlijkheid zijner werken erkenne, is het toch nog altijd onzeker of dat tooverachtige verschijnsel met gedruis vergezeld gaat. Vroeger werd dit algemeen geloofd, maar sedert men het noorderlicht nauwkeurig waargenomen en beluisterd heeft, is het minder luidruchtig geworden.

„Parry, Franklin en Richardson in het noorden van Amerika, Thienemann op IJsland, Gieseke in Groenland, Lottin en Bravais aan de Noordkaap, Wrangel en Anjou aan de kusten van de siberische IJszee, hebben gezamenlijk meer dan duizend noorderlichten gezien, en nooit ergens het geringste gedruis gehoord.

„Ofschoon het noorderlicht zich het meest en het schoonst in de poolstreken vertoont, ziet men het toch ook in onze streken. De vlammende zwaarden in



Het noorderlicht in de noordpoolstreken.

de lucht, die vroeger als teekenen van den goddelijken toorn aangezien werden, en bloedige oorlogen moesten voorspellen, waren zekerlijk niets anders als noorderlicht.

„Vragen wij naar de oorzaak van dit verschijnsel, dan zeggen de natuurkundigen ons dat het gehouden moet worden voor een magnetisch onweêr. Gelijk de elektrieke spanning der atmosfeer zich door bliksem en donder in evenwicht stelt, herstelt zich ook het gestoorde evenwicht der magnetische krachten onder verschijnselen, die men samen het noorderlicht noemt."

Twee redenen zijn er, waarom men meent te mogen aannemen dat het magnetismus der aarde met het noorderlicht in betrekking staat. Vooreerst, gedurende een bijzonder sterk noorderlicht bespeurt men gewoonlijk zeer levendige bewegingen van de magneetnaald. En ten tweede, het punt waar omheen het licht zich het sterkst vertoont, is de zoogenoemde magnetische pool, waar de als een evenaar opgehangene magneetnaald met de eene punt recht naar den bodem wijst, terwijl eene op een spil rustende magneetnaald in 't geheel niet eene bepaalde richting aanneemt. De bekende zeeman Ross kwam, op eene zijner tochten naar het noorden, zeer dicht bij dit punt.

En met deze korte schildering van het noorderlicht, met deze slotdecoratie, laten wij het gordijn vallen over onze schets van wat er in de lucht der aarde gebeurt.

# HOOFDSTUK III.

## EEN BLIK OP HET LEVEN DER AARDE.

In de vorige hoofdstukken hebben wij uitvoerig gesproken over onze aarde als een deel van het zonnestelsel; over de korst der aarde, en wat daarin gebeurt door de werking van vuur en water; over het land, het water en de lucht der aarde, en zeker zal men moeten toestemmen, dat de titel van mijn werk, op en in de aarde, daardoor volkomen gerechtvaardigd is. Doch hoe uitvoerig wij sommige voorname punten ook behandeld mogen hebben, wij hebben één zeer belangrijk onderwerp in 't geheel niet of slechts als ter loops aangeroerd; ik bedoel het leven der aarde. Met recht zou men mijn werk onvolledig kunnen noemen, indien ik mij slechts tot het anorganische gedeelte bepaalde, en het organische wat op en in de aarde is, in 't geheel niet besprak. Doch om dit eenigszins volledig te doen en in overeenstemming met de wijze waarop wij het land, het water en de lucht beschouwd hebben, zou ik veel meer ruimte moeten hebben, dan mij in dit boek toegestaan is, ja, een boekdeel even dik als het reeds geschrevene, zou nauwelijks voldoende zijn om alles op te nemen, wat er over het leven der aarde te zeggen zou zijn. Een zeer vluchtigen blik slaan op het leven, is dus alles wat wij kunnen doen, in de weinige bladzijden, die ons nog overschieten.

Over den aard en den oorsprong van het leven op aarde, hoe er planten en dieren op aarde gekomen zijn, of het leven ontstaan is plotseling op het machtwoord van den Schepper „Daar zij," of het ontstaan is vóór duizende eeuwen, en langzamerhand zich ontwikkeld heeft in en door een eindelooze reeks van organismen — is een punt dat wij hier niet kunnen bespreken: dit behoort tot de studie die men gewoon is biologie te noemen: de natuurkundige aardrijkskunde bemoeit zich slechts met de verspreiding van het leven over de aarde, en met de uitwendige voorwaarden, die op het leven invloed oefenen. Immers, wat de oorsprong en de aard van het leven ook zij, het is

klaarblijkelijk afhankelijk van de physische toestanden, die op aarde bestaan. Een weinig meer hitte of een weinig meer koude, een weinig meer vochtigheid of een weinig meer droogte, en de plant tiert of verwelkt, het dier groeit of sterft. Het is dus duidelijk dat er op een bol, waarop verschillende klimaten heerschen; die streken heeft van groote vochtigheid, en streken waar het nooit regent; streken waar de hitte bijna onuitstaanbaar is, en streken waar de koude alles doet verstijven; een bol die streken heeft waar het water, en anderen waar het land den boventoon voert — het is duidelijk, dat op zulk een bol het leven zoo verscheiden en verschillend moet zijn, als de voorwaarden waaronder het bestaat. De verdeeling der planten in bloeiende en bloemlooze planten, in vaatplanten en celplanten, in landplanten en waterplanten, in boomen, heesters, kruiden, grassen, mossen, varens, wieren, enz., kortom de studie van de planten als georganiseerde wezens, behoort tot het gebied der plantkunde: en de verdeeling der dieren in land- en waterdieren, in zoogdieren, vogels, reptielen, visschen, weekdieren, insecten enz. enz. behoort tot het gebied der dierkunde, maar de verspreiding der planten en dieren over de aarde en de afhankelijkheid van het leven der aarde van de physische toestanden die op aarde bestaan, behoort tot het gebied van de physische geografie.

Leven is er overal op aarde, zoover het oog kan zien, ja zelfs overal waar het oog het vergrootglas noodig heeft, om te kunnen waarnemen. Leven is er in de lucht, in het water, op de aarde en in de aarde, ja zelfs is er leven op en in andere levende wezens, planten en dieren. Overal op aarde is leven, tenzij misschien met uitzondering van de met ijs en sneeuw bedekte polen, de hoogste bergtoppen, en de grootste diepten van den oceaan, en zelfs dáár kunnen nog vormen van leven zijn, die wij niet kennen. En toch, al hoe waar dit is, het leven vertoont zich hoofdzakelijk in de streken der aarde, die begrensd zijn tusschen eenige duizende meters boven den zeespiegel op het land, en eenige duizende meters onder den zeespiegel in het water. Die l a a g v a n l e v e n, om haar zoo te noemen, is het dikst bij den evenaar, en wordt naar de polen heen hoe langer hoe dunner: zij is tevens het dikst op de hoogte van den zeespiegel, en wordt hoe langer hoe dunner, hoe meer men boven die lijn klimt of daalt. De warmte, het licht, de vochtigheid, en de aard van den bodem zijn de voornaamste voorwaarden, die het leven op het drooge regelen; de warmte, het licht, de diepte, de aard van den bodem en de scheikundige samenstelling van het water, zijn de voornaamste regelaars van het leven in het water. Als dit niet waar was, zou er geen reden te bedenken zijn waarom de zelfde vormen van leven niet gevonden zouden worden in elke streek, van den evenaar tot de polen, en van de kustlijn tot in de donkerste diepten van de zee. Onmiskenbaar is de invloed van u i t w e n d i g e o m s t a n d i g h e d e n op het leven. De palmboom, die tusschen de keerkringen tot een reus opschiet, zal een dwerg zijn of wel sterven in de gematigde zone; de walvisch uit de zeeën rondom Groenland, zal sterven in de zee van den evenaar; de bies, die in het moeras groeit, zal sterven als hij verplant werd in den droogen heidegrond; het schelpdier, dat in

de streek van het strand leeft, die aan de werking van eb en vloed onderworpen is, zal sterven als het in zee geworpen wordt, op een plaats waar eenige honderde vadem diepte is; het zoete water, dat het levenselement is voor zekere visschen, is een doodelijk vergif voor andere visschen, die ingericht zijn om te leven in het zoute water van den oceaan.

Elke plant en elk dier is dus door de natuur geschikt gemaakt en ingericht voor de omstandigheden waarin het leeft, en in dien toestand blijft het de verrichtingen vervullen, die het in de huishouding der natuur te doen heeft, zoolang als de omstandigheden onveranderd blijven. Waarom het eene geslacht of de eene soort verschilt van een ander geslacht of een andere soort, is voor den mensch onverklaarbaar, en zal hij misschien nooit te weten komen. Doch ook deze vraag behoeven wij hier niet te bespreken, daar zij meer op het gebied der biologie, dan op dat der aardrijkskunde behoort. Zoo ook is de vraag waarom zekere vormen des levens slechts in zekere landstreken voorkomen — de kangoeroe, bij voorbeeld, in Nieuw-Holland, de struisvogel in Afrika, en de lama in Zuid-Amerika — terwijl andere streken oogenschijnlijk even geschikt voor die dieren zijn — die vraag is zoo geheel buiten ons tegenwoordig onderwerp, dat wij er ons hier niet bij mogen bepalen.

Sommige familiën zijn veel verder over de aarde verspreid dan anderen; weder anderen zijn veel taaier of veerkrachtiger, en kunnen veel grootere klimatologische verschillen verdragen dan andere familiën, en er zijn er ook die, aan hun instinkt gehoorzamende, uit het ongunstige seizoen van de eene landstreek verhuizen naar het gunstige seizoen van een andere streek. Van alle dieren is de mensch het verste over de aarde verspreid: zijn rede en verstand stellen hem in staat weerstand te bieden aan omstandigheden, die voor elk ander schepsel noodlottig zouden zijn. Ook zijn er eene menigte dieren en planten, veerkrachtig genoeg om zich naar vele veranderde omstandigheden te kunnen schikken, en daardoor is de mensch in staat geweest om die wezens met zich mede te kunnen nemen, op zijne tochten over de bewoonbare oppervlakte der aarde. Daarom maken wij onderscheid tusschen de echte inheemsche planten en dieren van een landstreek, en de wezens die ingevoerd zijn van andere plaatsen, ofschoon vele soorten zoolang reeds verplaatst en weder verplaatst zijn, dat het thans onmogelijk is uit te maken, waar zij oorspronkelijk inheemsch zijn. Terwijl er dus dieren en planten zijn bij uitsluiting geschikt voor zekere omtrekken, en de uitwendige omstandigheden klaarblijkelijk de groote regelaars zijn van de verspreiding der schepselen over de aarde, moeten wij toch nooit vergeten, dat de mensch die verspreiding gewijzigd heeft, en steeds volhoudt met haar te wijzigen door overbrenging, aanfokken, kweeken en uitroeien van planten en dieren, naar zijne behoeften en wenschen. Doch zijn invloed strekt zich evenwel nooit verder uit dan tot eene wijziging, want boven alles wat de mensch kan doen, bestaan er altijd de groote invloeden van warmte, licht, vochtigheid enz. die altijd de geografische verspreiding van planten en dieren beheerschen, en het is op deze invloeden, dat wij nu het oog willen vestigen.

## *a.* DE PLANTEN.

Wij hebben zoo even reeds gezegd dat warmte, licht en vochtigheid de voornaamste voorwaarden zijn, die de verspreiding van het plantaardige leven over de aarde regelen. Die voorwaarden hebben den grootsten invloed in de nabijheid van den evenaar, en vandaar de weelderige plantengroei tusschen de keerkringen, en zijn trapsgewijze afneming hoe verder wij tot de polen naderen. Het is gemakkelijk te begrijpen, dat die afneming meer beheerscht wordt door de lijnen van gelijke warmte, de isothermen, dan door de breedteparallellen: de gemiddelde mate van jaarswarmte is de hoofdvoorwaarde van de verspreiding der planten, ofschoon de mate van zomerwarmte ook van grooten invloed is op het rijpworden en de volkomene ontwikkeling der planten. De gemiddelde jaarswarmte van twee plaatsen kan de zelfde zijn, terwijl de zomerwarmte van de een 10° hooger, en de wintertemperatuur 15° of zelfs 20° lager dan die van de andere kan zijn. Veel hangt dus af van de mate van warmte, die eene plant ontvangt gedurende het tijdperk van haren grootsten groei, en dit wordt in 't algemeen meer door de maandswarmte, dan door de jaarswarmte geregeld. De vegetatie-zonen of gordels gaan veel langzamer of onmerkbaarder in elkander over, dan de astronomische gordels of zonen (de heete, gematigde en koude zonen) en daarom verdeelen de plantkundigen de oppervlakte der aarde in een grooter getal van gordels, dan de sterrekundigen doen. Zij nemen aan een evenaar- of equatoriaalgordel, een tropische, een subtropische, een warm-gematigde, een koud-gematigde, een subarctische, een arctische en een poolgordel, natuurlijk voor het noordelijke zoowel als voor het zuidelijke halfrond, en elk van die gordels is door een bijzonder plantenkarakter onderscheiden.

De equatoriaalgordel wordt overal waar vochtigheid aanwezig is, gekenmerkt door een uiterst weelderigen plantengroei. Hij omvat de binnenlanden van Afrika, Ceylon, het zuidelijke gedeelte van het Indische Schiereiland, de Soenda-eilanden, de noordelijkste gedeelten van Nieuw-Holland, Nieuw-Guinea en andere eilanden, die op de zelfde breedte liggen, en een groot gedeelte van Zuid-Amerika, namelijk Columbia, Peru, Guiana en het noorden van Brazilie. Sappige stengels, groote en kleurige bloemen, parasieten en klimplanten, boomachtige grassen (suikerriet, bamboes) orchideën, palmen, bananen, broodvruchten, katoen, Adansonia's en dergelijken, onderscheiden dezen gordel.

De tropische gordels, aan beide zijden van den evenaar, omvatten in de Nieuwe wereld Bolivia, Brazilie en Paraguay op het zuidelijke, en de West-Indiën, Yucatan, Guatemale, en een gedeelte van Mexico op het noordelijke halfrond; terwijl zij in de Oude wereld omvatten Nubie, Senegambie, Mauritius, en het noorden van Australie op het zuidelijke halfrond, en het zuiden van Arabie, Indie, Boermah en het zuiden van China op het noordelijke. Deze gordels worden gekenschetst door palmen, bananen, ananassen, boomvarens, vijgen, kaneel, indigo, katoen, koffie, suikerriet enz. Gelijk palmen en bananen hoofdzakelijk de

equatoriaal-gordels kenmerken, doen boomvarens en vijgen dat de tropische gordels.

De subtropische gordels omvatten Zuid-Afrika en Australie, Paraguay, La Plata en Chile op het zuidelijke, en Noord-Afrika, Egypte, Syrie, het noorden van Arabie, Mexico en Californie op het noordelijke halfrond. Zij zijn gekenmerkt door een weelderigen groei van magnolia's, laurieren, mirten en vijgen, benevens sommige palmen, zamia's, cactussen, en boomachtige euphorbia's. In deze gordels is, even als in de vochtige streken van de vorigen, de plantengroei het geheele jaar door groen, en het klimaat altijd aangenaam, behalve in de regenlooze streken. Hier vooral zijn de landen van laurieren en mirten.

De warm-gematigde gordels zijn ook wel streken van altijd groene boomen, maar zijn gekenmerkt door de afwezigheid van palmen — de dwergpalm van Europa, de palmetto van Amerika, en de chileensche palm zijn als 't ware overloopers uit den tropischen gordel. Eiken, walnoten, vijgen, oranjeboomen, granaatappels, olijven en de wijndruif zijn typisch in den warm-gematigden gordel van het noordelijke; heesterachtige varens, boomachtige grassen, en araucaria's in die van het zuidelijke halfrond. Deze gordel van altijd groene boomen, zooals hij ook wel genoemd wordt, bevat de welbekende flora van Zuid-Europa, zoowel als die van Klein-Azie, het noorden van China en Japan.

De koud-gematigde gordel is op het noordelijke halfrond de groote streek van de boschboomen, die in den winter bladerloos zijn. De kenschetsende plantengroei van dezen gordel is ons zeer bekend, want het is die van ons eigen land, het noorden van Frankrijk, Duitschland, en van Engeland: bosschen van coniferen of kegeldragende boomen (dennen, sparren enz.) en heideplanten geven een zeer kenschetsend voorkomen aan dezen gordel. De verbouwing van tarwe overschrijdt op het noordelijke halfrond deze gordel nauwelijks, en op het zuidelijke halfrond wordt hij voornamelijk door den oceaan ingenomen: het Vuurland, de Falklands-eilanden en Kerguelen's-land zijn de eenige belangrijke gedeelten.

De subarctische gordel wordt gekenmerkt door coniferen, dennen, lorken, jeneverboomen, populieren, beuken, grassen en heiden, en op zijn noordelijke grenzen door berken, wilgen en elsen, die dáár dwergachtig worden of heesterachtig blijven. Deze gordel is in het binnenland van Azie minder gemakkelijk te onderscheiden dan in Europa, en op het zuidelijke halfrond omvat hij eenige weinige dorre eilanden. De noordelijke gedeelten van Siberie en Noorwegen, de Faröer en IJsland behooren hiertoe. Op de Faröer wordt de gerst niet altijd rijp, maar de raap en de aardappel meestal wel. De katjesdragers worden op die eilanden evenmin als op IJsland ooit boomen. Grassen, heideplanten en jeneverboomen vormen karaktertrekken van IJsland, en in Siberie komen bosschen van dennen, sparren, populieren en berken voor.

De arctische gordel heeft geen equivalent op het zuidelijke halfrond, want dáár vindt men geen land, maar slechts zee. Hij wordt gekenmerkt door den dwergberk, den els en den wilg, en hier en daar door dennen en sparren, grassen, en door vele korstmossen en mossen op zijn noordergrens. Te Hammer-

fest op 71° N. B. gelukken aardappels, rapen, kool en wortelen over het algemeen tamelijk wel. In het amerikaansche gedeelte vindt rhododendrons, andromeda's en azalea's.

De poolgordel wordt vooral gekenschetst door bloemlooze planten — korstmossen en mossen — ofschoon gedurende zijn korten zomer er onderscheidene soorten van ranonkels, steenbreken, russchen, wilgen enz. voorkomen. In dezen gordel zijn geen boomen of heesters, en geen graan of andere voedselplant kan er verbouwd worden.

Zoo is in 't algemeen de verspreiding van het plantenleven over de aarde, als wij van den evenaar naar de polen trekken. Doch het is bekend dat de temperatuur niet slechts afneemt, als wij van den evenaar naar de polen gaan, maar dat zelfde ook doet, als wij opklimmen van den zeespiegel tot in de hoogere streken van de atmosfeer. Die opklimming wordt eveneens gekenschetst door dergelijke plantengordels, als wij zoo even beschouwd hebben. Herschel zegt: „wij gaan door de zelfde reeks van klimaten, wat de temperatuur betreft, hetzij wij onder den evenaar van den zeespiegel af een hoogen berg beklimmen, hetzij wij van den evenaar naar de polen gaan. In een landstreek waar groote verschillen van hoogte bestaan, vinden wij elke soort van klimaat in gordels gerangschikt naar de hoogte, en gekenmerkt door de plantaardige voortbrengselen, die voor de temperatuur geschikt zijn." Laat ons tot een voorbeeld de Alpen nemen. Wij beginnen die bergen te beklimmen, op een plaats waar de wijnstok vruchten draagt, en gaan door eikenbosschen, walnoten en beuken, totdat wij zoo hoog komen, dat wij slechts dennen en berken vinden, en op weiden gaan, die omzoomd zijn door eeuwige sneeuw. Op de hoogte van 650 meter verdwijnt de wijnstok, en op 300 meter hooger vinden wij geen walnoot meer. Nog 300 meter hooger is de eik niet meer in staat om een boom te worden; de berk houdt op te groeien op een hoogte van 1550 meter; en de pijnboom op een hoogte van 1900 meter; en hooger vindt men geen boom. De rhododendron bedekt dan groote uitgestrektheden op een hoogte van 2600 meter, en een kruidachtige wilg kruipt nog 100 meter hooger, vergezeld van steenbreken, gentiaan en grassen, terwijl korstmossen en mossen voortdringen tot aan de onoverschrijdbare grens der eeuwige sneeuw.

Op de Pyreneeën heeft men dergelijke gordels waargenomen, en wel de volgenden: 1. de gordel van wijn en maïs, en van walnotenbosschen. 2. Een gordel die zich van de grens van den wijnstok uitstrekt tot ongeveer 1400 meter, waar de verbouwing van rogge ophoudt, en waar men steenbreken en steekpalm, *Buxus*, vindt. 3. Van de grens waar de verbouwing van voedselplanten ophoudt, op 1400 meter, tot den gordel van de dennen. 4. Van de grens van den den tot 2400 meter, gekenmerkt door de aanwezigheid van den groven den, *Pinus sylvestris*. 5. Van 2400 tot 2800 meter, gekenschetst door den dwergjeneverboom, door *Saxifraga bryoides*, *Soldanella alpina*, *Juncus trifidus*, enz. 6. Een gordel boven 2800 meter met enkele bergplanten, als *Ranunculus glacialis*, *Draba nivalis*, *Stellaria cerastoides*, enz.

In het algemeen kan men de volgende gordels, van den zeespiegel gerekend tot aan de sneeuwgrens, aannemen:

1 De gordel der palmen.
2 „ „ „ boomvarens.
3 „ „ van den wijnstok.
4 „ „ der gewone boschboomen.
5 „ „ van den kinaboom,
6 „ „ „ heesters.
7 „ „ „ grassen.
8 „ „ „ korstmossen.

Gelijk de planten zoowel horizontaal als verticaal over de oppervlakte van het land zijn verspreid, zijn zij ook op dergelijke wijze in het water verspreid. Horizontaal heeft men den oceaan in zekere botanische provinciën verdeeld, namelijk in de volgenden: 1. De noordelijke oceaan, van de pool tot den 60sten parallel. 2. De noord-Atlantische zee, tusschen de 60ste en 40ste parallellen — de voornaamste groeiplaats van *Fucus*-soorten. 3. De Middellandsche zee, gerekend te liggen tusschen de 40ste en 23ste parallellen. 4. De tropische Atlantische zee, waarin het sargasso-wier overvloedig is. 5. De antarctische amerikaansche streken, van Chile tot kaap Hoorn, en de geheele zee rondom de zuidpool ten zuiden van den 50sten graad Z. B. 6. De zee om Nieuw-Holland en Nieuw-Zeeland. 7. De Indische zee en de Roode zee. 8. De japansche en chineesche zeeën.

Verticaal zijn het licht, de diepte en de aard van den zeebodem de voornaamste regelaars van den plantengroei in het water. In meren en rivieren en nog veel minder in beken, slooten en vijvers is geen of ten minste bijna geen rangschikking of verspreiding der planten te bespeuren, zij zijn daartoe natuurlijk te klein; maar in den oceaan wordt elke dieptegordel door zijn eigene levensvormen gekenmerkt. Men verdeelt den oceaan naar de diepte, of van boven naar beneden, in 't algemeen in een strandgordel, een onderstrandgordel, een middengordel, een ondermiddengordel, en een diepzeegordel. Doch voor bepaalde gedeelten der zee heeft men andere verdeelingen voorgeslagen, zoodals bij voorbeeld voor de zee rondom Engeland: de strandgordel, liggende tusschen hoog- en laagwaterpeil, en dus de strook die aan eb en vloed is onderworpen; de wiergordel, die op laagwaterpeil begint en zich tot een diepte van 15 tot 20 meter uitstrekt, en gekenmerkt wordt door verschillende wiersoorten, vooral van het geslacht *Laminaria;* de koraalwiergordel, die zich van 20 tot ongeveer 100 meter diep uitstrekt, en waar koraalwieren groeien, maar de gewone wiersoorten ophouden; en de koraalgordel, die tusschen 100 en 200 meter diepte ligt, en waar kalkachtige koralen voorkomen. In de diepte van den oceaan komen slechts diatomeën voor, zooals wij bij het spreken over de diepte der zee, in een vorig hoofdstuk, reeds gezien hebben.

## b. DE DIEREN.

Het klimaat, het voedsel en andere uitwendige voorwaarden hebben invloed op de dieren, en ten gevolge daarvan zijn zij, even als de planten, min of meer tot zekere geografische omtrekken bepaald. Met een grooter vermogen om zich te verplaatsen en te verspreiden begiftigd dan de planten, zijn hunne grenzen misschien minder juist omschreven, dan die van de planten, maar over het algemeen is er toch ook bij de dieren een dergelijke horizontale en verticale verspreiding over de aarde op te merken — van den evenaar tot de polen, en van den zeespiegel tot de hoogste bergtoppen, of tot de grootste diepten van den oceaan. De fauna van de keerkringstreken is in 't algemeen genomen overvloediger in soorten, en meer uitmuntende in grootte, kracht en schoonheid, dan die van de gematigde gordels, gelijk deze laatsten overvloediger in dierlijk leven zijn, dan die van de noordpool- en zuidpoolstreken. De lage landen zijn bewoond door diersoorten, verschillend van die op de hellingen der bergen wonen, en de soorten die op de hellingen der bergen leven, verschillen weder van die op de hooge toppen hun leven doorbrengen. Zoo ook zijn de dieren die het strand bewonen, verschillend van die zich in de diepten van den oceaan ophouden. In de groote laag van leven heeft elke plant en elk dier zijn eigenen natuurlijken horizon, en in dien horizon beslaat elk wezen een bepaalde plaats, die voor zijn ontwikkeling en groei beter geschikt is dan een andere, en die plaats wordt de standplaats geheeten, als er van een plant, en de woonplaats, als er van een dier gesproken wordt.

De dieren der aarde kunnen dus gerangschikt worden in een keerkrings-, een gematigde, en een arctische fauna, die allen evenwel min of meer in elkander overgaan. Desniettemin is toch elke fauna gekenschetst door zekere geslachten en soorten, die niet in de andere afdeelingen voorkomen. Zoo zijn de keerkringstreken de hoofdwoonplaatsen van apen en halfapen, van den leeuw, den tijger, de hyena en andere groote vleeschetende dieren, van den giraffe en den zebra, van den olifant, rhinoceros, rivierpaard en tapir, van de krokodil, de schildpad, de boa en andere groote reptielen, van den struisvogel, den flamingo, de pauw, papegaaien, colibri's, en in 't algemeen van vogels die door een schitterenden en bonten vederdos uitblinken. Ook het insektenleven is tusschen de keerkringen veel overvloediger en bonter dan op koudere aardbreedten, en bereikt zijn toppunt van grootte, verschil van vormen en pracht van kleuren, in de weelderige streken van Brazilie, Guiana en den Indischen Archipel, en neemt in die opzichten naar de gematigde gordels af. Natuurlijk heeft die afneming niet overal in gelijke mate plaats, want waar een krachtige plantengroei is, nemen sommige insekten in verhouding en getal toe, en een groot verschil in de planten gaat vergezeld van een groote verscheidenheid in het insektenleven, want elk geslacht en niet zelden elke soort is tot een bijzondere plantengroep bepaald.

De gematigde gordels, ofschoon aan hunne warmtegrenzen gekenmerkt door de afwezigheid van zulke tropische vormen als de tijger, de jakhals, de hyena, de krokodil, enz., zijn in 't algemeen de hoofdwoonplaatsen van herkauwende dieren, zooals het rund, de bison, de buffel, de geit, het schaap, het hert enz. De dieren die algemeen huisdieren geheeten worden, zooals het paard, het rund, het schaap, de hond enz., nemen in de gematigde gordels toe, terwijl de grootere vleescheters afnemen, niet slechts in soorten, maar ook in getal en in grootte. Kenmerkend voor deze gordels zijn de tweebultige kameel, het wilde zwijn, de wolf, de vos, de bever, de opossum of buidelrat op het noordelijke halfrond, en de kangoeroe op het zuidelijke; de arend, de valk, de kalkoen, de gans en de fasant onder de vogels; terwijl reptielen hoe langer hoe kleiner en zeldzamer worden, hoe meer wij den poolgordel naderen. Ook de insekten, met uitzondering van de kevers, nemen in soorten, in grootte en kleuren af: de kevers zijn overvloediger in gematigde dan in warme klimaten, hoewel dáár kleiner en minder schitterend van kleuren.

De arctische of noordpoolgordel (de antarctische of zuidpoolgordel wordt bijna geheel door den oceaan ingenomen) wordt gekenschetst door een grootere eentonigheid van zijn fauna, door weinig soorten, maar veel individuen, en in 't algemeen door de doffe kleuren van zijne vogels en zoogdieren. Het rendier, de muskusos, de bruine beer, de ijsbeer, de wolf, de noordsche vos en het sabeldier zijn bijzonder aan deze streek eigen: zeevogels zijn er overvloedig, en reptielen zijn er onbekend.

Zooals het met de fauna van het drooge is, is het in vele opzichten ook met de zeefauna. Een groote verscheidenheid van geslachten en soorten kenmerken de zee van den keerkringsgordel: gelijkheid van soorten en ontzettende getallen van individuen kenmerken de fauna van de koudere breedten. De visschen en schelpdieren van de keerkringen zijn bekend wegens hunne verschillende en schoone kleuren: die van de poolstreken zijn meestal eentonig en somber van kleur. De groenlandsche walvisch verlaat nooit het koude water van de hoogere aardbreedten, en de potvisch daarentegen is buiten de keerkringsgedeelten van de Stille zee onbekend. In den warmen gordel onbekend, komen zeehonden en de walrussen bij duizenden voor in de koud gematigde en arctische streken. De voornaamste woonplaats van den haai ligt tusschen de keerkringen; de tonijn tiert in de zoele wateren van de Middellandsche zee; terwijl de kabeljauw, de schelvisch, de haring en de zalm slechts in de koudere wateren van hooge breedten volwassen worden, en bij millioenen leven. De samenstelling van het zeewater is bijna overal op aarde de zelfde, en echter bouwen de rifbouwende koraalpolypen hunne kalkgebouwen slechts in de tropische en subtropische gedeelten van den oceaan, en nooit in de koude wateren van de polen.

Gelijk wij een verdeeling van de fauna in een horizontale richting aannemen, bestaat er ook een dergelijke in verticale richting of naar de diepte. De strandgordel, bij voorbeeld, waarover wij boven bij de planten gesproken hebben, wordt gekenmerkt naar dat de bodem steenachtig, zandig of slijkig is,

door schelpdieren, als de alikruik, de kinkhoorn, de mossel, de hartschelp, de dunschaal en anderen; de wiergordel door zeesterren, *Tubularia*, *Modiola* en *Pullastrea*; de koraalwiergordel door het verdwijnen van de gewone strandschelpen, en een overvloed van *Buccinum*, *Fusus*, *Trochus*, *Venus*, *Pecten* enz.; en de koraalgordel door zeeëgels, zooals *Cidaris*, en armpootige weekdieren, die niet in ondiep water kunnen leven. En wat de grootste diepten van den oceaan betreft; zij schijnen, gelijk de hoogste toppen van het land, zonder dierlijk leven te zijn, met uitzondering misschien van eenige soorten van rhizopoden of wortelvoetigen.

Wij moeten evenwel nooit vergeten, hoe klaarblijkelijk de invloed van uitwendige omstandigheden op de verspreiding van het dierlijke leven ook is, dat er bovendien een algemeene oorzaak van de verdeeling en verspreiding der dieren over de aarde bestaat, waarvan de wetenschap in haar tegenwoordigen toestand onmachtig is een verklaring te geven. Waarom, bij voorbeeld, zijn de kangoeroe en het vogelbekdier tot Nieuw-Holland, de kiwi tot Nieuw-Zeeland, het rivierpaard en de giraffe tot Afrika, de kameel tot de Oude wereld, en de lama tot de Nieuwe wereld bepaald? Of waarom is het dierlijke leven minder in de Nieuwe wereld ontwikkeld dan in de Oude, niettegenstaande de plantengroei in de eerste krachtiger en overvloediger is dan in de laatste? Doch hoewel deze oorspronkelijke verschillen bestaan en niet verklaard kunnen worden, moeten wij toch ook niet vergeten, dat ver van elkander gelegene streken, die ongeveer in denzelfden toestand van warmte, licht, bodem, enz. verkeeren bevolkt zijn door soorten die vertegenwoordigende soorten genoemd worden, dat is soorten die zoologisch niet identisch of de zelfden zijn, maar die elkander in de huishouding der natuur in die streken vervangen of vertegenwoordigen, en de zelfde verrichtingen uitvoeren. Zoo, bij voorbeeld, wordt de kameel van de Oude wereld door den lama in de Nieuwe vertegenwoordigd, de leeuw en de tijger in de Oude door den poema en den jagoear in de Nieuwe; de struisvogel van Afrika en de rhea van Zuid-Amerika door den emoe van Australie; de krokodil van den Nijl door den gaviaal van den Ganges en den kaaiman van de Amazonerivier. En wij moeten ook niet vergeten dat plaatselijke voorwaarden, zooals overvloed van voedsel, schuilplaatsen, gemis van vijanden en dergelijken, ook wel degelijk een grooten invloed hebben op de verdeeling en verspreiding van het dierlijke leven over de aarde, en dat waar die voorwaarde ontbreken, geheele familiën afnemen of wel geheel uitsterven, zelfs al blijven de groote voorwaarden van temperatuur en dergelijken onveranderlijk de zelfden.

Gelijk in de plantenwereld zoo hebben ook, hoewel in een veel mindere mate, in de dierenwereld sommige soorten een groote veerkrachtigheid of taaiheid, die haar in staat stelt om bestaande te kunnen blijven, onder een groote verscheidenheid van voorwaarden, en dus zich geografisch verder te kunnen verspreiden dan andere soorten. Dit wetende, en gevoegd bij zijne kennis van de klimatologische toestanden, is het den mensch gelukt om eene menigte dieren van de eene

streek naar de andere over te brengen, zoowel om zijne behoeften te vervullen, als uit aardigheid. Alle tamme dieren: paarden, ezels, runderen, schapen, geiten, varkens, honden, katten, hoenders enz.; vele vogels met een schoonen vederdos of een liefelijken zang; ratten, muizen, insekten, schepselen die men ongedierte noemt, en zelfs ingewandswormen, hebben den mensch over de bewoonbare aarde vergezeld. Zijne pogingen in dit opzicht, die wij overbrenging, acclimatiseeren, temmen enz. noemen, zijn reeds zeer oud, en houden nooit op, en daardoor zijn er schepselen uit woonplaatsen, die zeer ver van elkander verwijderd lagen, bijeengebracht in een omtrek, waarin eigenlijk geen van allen inheemsch is. Zoo zijn de huisdieren van de Oude wereld overgebracht naar de Nieuwe, waarin zij onbekend waren ten tijde toen Columbus haar ontdekte; zoo zijn sommige soorten uit de Nieuwe wereld, omgekeerd, overgebracht naar de Oude; en zoo zijn niet slechts tamme dieren, maar zelfs vogels, visschen en zelfs schelpdieren van Europa overgebracht naar Australie, naar plaatsen waar, slechts ongeveer een eeuw geleden, de geslachten van die dieren zelfs niet eens vertegenwoordigd waren. Doch gelijk in de plantenwereld, zoo is er ook in de dierenwereld een grens voor dat overbrengen, en de mensch bevordert zijn eigen belang en dat van de dieren beter door het aanfokken van dieren, die in hunne natuurlijke woonplaatsen leven, dan door het overbrengen naar plaatsen, die hen door de natuur niet aangewezen zijn.

Gelijk planten en dieren beiden even afhankelijk zijn van uitwendige voorwaarden, zoo zijn beiden, ten minste in zekere mate, ook afhankelijk van elkander. Beiden, bij voorbeeld, zijn afhankelijk van de lucht der aarde, maar de zuurstof die de plant uitademt, wordt door het dier ingeademd; en het koolzuur dat door het dier uitgeademd wordt, wordt opgenomen en verbruikt door de plant. De plant met haar wortels in den grond staande, en hare takken en bladeren in de atmosfeer uitspreidende, en dus schijnbaar de hoofdbron van haar bestaan in organische stoffen vindende, wordt desniettemin tot krachtiger leven en weelderiger ontwikkeling geprikkeld, door de aanwezigheid van rottende organische stoffen, en vele soorten van paddestoelen worden slechts gevonden, waar zulke vergaande en verrottende stoffen aanwezig zijn. De plantetende dieren leven, gelijk algemeen bekend is, onmiddellijk van planten, terwijl de vleeschetende dieren azen op planteneters, en dus ten laatste eveneens in hun bestaan afhankelijk van de plantenwereld zijn. Waar ook het plantenleven overvloedig en verscheiden en weelderig is, daar is ook het dierenleven verscheiden en overvloedig in gelijke mate; dit blijkt vooral tusschen de keerkringen, vergeleken bij de koudere aardbreedten. Door het uitroeien van zekere soorten van planten kunnen sommige zoogdieren, vogels en insekten uit zekeren omtrek verdreven worden, terwijl omgekeerd, door de invoering van een nieuwe plant, in zekeren omtrek dieren kunnen verschijnen, die vroeger dáár volkomen onbekend waren. Zekere vogels, bij voorbeeld, azen op zekere insekten, en die insekten vinden hun voedsel in zekere plant: roei de plant uit, en gij vermoordt de insekten, en door de vernieling van die insekten dwingt gij de vogels om te ver-

huizen, en een andere woonplaats te zoeken, of, als dat hun niet mogelijk is, sterven ook zij uit. De kringloop is volkomen, de wet van wederzijdsche afhankelijkheid is onschendbaar, en geen enkel gedeelte van den cirkel kan weggenomen worden, zonder dat het karakter van het planten- en het dierenrijk volkomen verandert. Ofschoon de meeste planten in staat zijn om hare eigene zaden te verspreiden, en daarin door de winden en waterstroomên geholpen worden, hangen toch ook vele planten van vogels en zoogdieren af, in alles wat hare verspreiding en haar toenemen betreft, evenals ook vele planten van de insekten afhangen, in het vruchtbaar maken van hare bloemen. Die verdere verspreiding van de planten schept een nieuwe bron van bestaan voor de dieren, die daarvan leven, en het vergrootte gebied van de plant heeft dus een daaraan beantwoordende vergrooting van het gebied van het dier ten gevolge. Verder, daar sommige dieren door hunne organisatie bestemd zijn voor een leven op de boomen, anderen voor een leven op de grazige weide, en weer anderen voor een leven in het kreupelhout, moet de rooiing van den boom, het bebouwen van de vlakte, of het hakken van het kreupelhout, noodzakelijk de uitroeiing van die bedoelde dieren ten gevolge hebben. En daar sommige dieren bij uitsluiting van vruchten leven, anderen van wortels, en weer anderen van bladeren, moet het uitroeien van de planten, die vruchten, wortels en bladeren opleveren, noodzakelijk gevolgd worden door de uitroeiing van het dier, dat daarvan leeft. Zoodoende zijn planten en dieren derhalve gedeelten van een enkel groot levensplan, wezens die wederkeerig van elkander afhankelijk zijn en zonder elkander niet kunnen bestaan.

EINDE.

# REGISTER.

## A.

Aardbeving I, 141, 170.
Aardbevingsgolven II, 27.
Aardglijdingen I, 223.
Aardgloben I, 20.
Aardkorst I, 12, 29.
Aardstorting I, 222.
Afdruksel I, 36.
Alluvium I, 65.
Ammoniak I, 142.
Amorphe massa's I, 33.
Antarctische cirkel I, 16.
Antipoden I, 18.
Appels van Sodom II, 93.
Archaeopteryx macrura I, 53.
Archipels I, 24.
Arctische cirkel I, 16.
Arctische gordel II, 208.
As der aarde I, 16.
Asphalt I, 142.
Assen van opheffing I, 63.
Atlantische stelsel II, 77.
Atmosfeer I, 14.
Avondwind II, 124.

## B.

Baai I, 25.
Banken I, 25.
Barnsteen I, 57.
Beelden II, 198.
Beenderenholen I, 64.
Beken I, 26; II, 56.
Bergen I, 24, 75, 141.
Bergen van Armenie I, 113.
Bergen van Afrika I, 123.
Bergen van Amerika I, 126.
Bergen van Australie I, 136.
Berggroep I, 80.
Bergketen I, 25, 78.
Bergstortingen I, 223.
Bergijs I, 218.
Bergijskorrels II, 161.
Bergijstafels II, 181.
Beschaduwing II, 121.
Binnenste der aarde I, 12.
Bodem I, 96, 185.
Bovenloop II, 69.
Bovenstroomen II, 36.
Branding II, 27.
Brak water I, 26, 89.
Breedte-parallellen I, 19.
Brekers II, 27.
Broeken I, 193.
Bronnen I, 26, 121; II. 43.
Bronnen van den Nijl I, 80.
Bron van Castalie II, 47.
Bron van Hippokreen II, 47,
Bron van Nimes II, 48.
Bron van Vaucluse II, 47.
Bronwater II, 45.
Buxus II, 209.
Bijmanen II, 200.
Bijplaneten I, 2.
Bijzonkringen II, 200.
Bijzonnen II, 199.

## C.

Centraalvulkanen I, 147.
Centraalvuur I, 14.

Cetochilus australis II, 23.
Cloudring II, 125.
Coprolieten I, 39.
Cyclonen II, 134.

## D.

Dag I, 5.
Dag- en nachtevening I, 6.
Dagwind II, 124.
Dalen I, 24, 80, 185.
Dampkrings-temperatuur I, 12.
Dauw II, 136.
Dauwmeter II, 136.
Deining I, 206; II, 27.
Delta II, 74.
Devonische stelsel I, 43.
Dichtheid I, 11.
Diepte der zee II, 14.
Diepzeestroomen II, 36.
Dieren II, 211.
Diluvium I, 63.
Diorieten I, 141.
Dijken II, 73.
Doodtij II, 31.
Doolhoftand I, 51.
Doorschijnendheid der zee II, 98.
Doorsnede I, 11.
Draagplaats I, 75.
Draaikolken II, 28.
Draaiwinden II, 134.
Dreksteenen I, 39.
Drooge mist II, 139.
Drosometer II, 136.
Drijvende ijsbergen II, 170.
Dwaalsterren I, 2.
Dyastijd I, 48.
Dyastijdvak I, 48.

## E.

Eb II, 29.
Ecliptica I, 17.
Eeuwige sneeuw II, 118.
Eilanden I, 24.
Eindsteendijk II, 179.
Eindsteendijken I, 219.
Elephas primigenius I, 63.
Eozoïsche tijdvak I, 40.
Eozoön canadense I, 40.
Equatoriaalgordel II, 207.
Erosiedalen I, 187.
Etesische winden II, 130.
Evenaarstroom II, 37.

## F.

Fjörden I, 25.
Fossielen I, 36.

## G.

Gassen II, 46.
Gematigde gordels I, 16; II, 211.
Gemiddelde diepte I, 21.
Gemiddelde hoogte I, 21.
Gemiddelde temperatuur II, 20.
Gesteenten I, 30.
Getij II, 29.
Getijen II, 24.
Getijgolf II, 29.
Gips I, 121.
Glijdlauinen II, 152.
Golfstroom II, 38.
Golven II, 24.
Granieten I, 141.
Groeven II, 183.
Grondgolven II, 27.
Grondlauinen II, 152.
Grondsteendijken II, 182.
Groote indische woestijn I, 199.
Gryphaea arcuata I, 52.

## H.

Haarbarsten II, 161.
Haarrook II, 139.
Haarspleten II, 161.
Haffen II, 102.
Hagel II, 149.
Hagelsteenen II, 149.

Handdier I, 51.
Halysites catenularius I, 41.
Heete dampen I, 171.
Heete gordel I, 16.
Heidebrand II, 139.
Heidekruid I, 192.
Heiden I. 190.
Heideplantjes I, 192.
Heidevelden I, 24.
Helling II, 119.
Hellingen I, 80.
Heuvel I, 76.
Heuvellanden I, 24.
Himalaya I, 114.
Holen I, 232.
Hooge breedten I, 19.
Hooge vlakten I, 137.
Hoogsneeuw II, 159.
Hoogvlakten I, 25.
Hoogijs II, 160.
Horizontale lagen I, 32.
Hunnebedden I, 193, 219.
Hygrometer II, 125.

## I.

Ichnieten I, 38.

## J.

Jaargetijden I, 5.
Juncus trifidus II, 209.
Jurastelsel I, 52.

## K.

Kaap I, 24.
Kaap-Hoorn-stroom II, 41.
Kabbeling II, 27.
Kalksteen I, 121.
Kalkzouten II, 10.
Kam I, 83.
Kanalen I, 25.
Kantbergijs II, 167.
Karoos I, 139.
Keerkringen I, 16.
Keerkringstilte II, 130.
Keerkringstreken II, 211.
Kerkoers I, 210.
Kernen I, 36.
Keukenzout I, 95, 220; II, 108.
Keuper I, 51.
Kleur II, 121.
Kleur der zee II, 21.
Klimaat I, 27; II, 113.
Kogelsegmenten I, 80.
Kometen I, 2, 5.
Komvormige dalen I, 186.
Koolzuur I, 142.
Koolzuurgas II, 107.
Koraal II, 10.
Koraalbanken II, 10.
Koraalgordel II, 210.
Koraalwiergordel II, 210.
Koudgematigde gordels II, 208.
Krassen II, 183.
Krater I, 147, 162.
Kreeftskeerkring I, 16.
Krooszee II, 38.
Krot II, 148.
Krijtstelsel I, 55.
Koeen-loeen I, 115.
Kwarts I, 121.

## L.

Laagsneeuwijs II, 160.
Laagten I, 24.
Labyrinthodon salamandroides I, 50
Lage breedten I, 19.
Lagunen I, 25; II, 102.
Land I, 20.
Landengte I, 24.
Landhalfrond I, 22.
Landkaarten I, 20,
Landklimaat II, 123.
Landwind II, 124.
Lauinen II, 150.
Laurentiaansche vorming I, 40.
Lava I, 147.
Lava's I, 141.

Lepidodendron elegans I, 45.
Licht II, 112.
Lichten der zee II, 21, 23.
Ligging I, 69.
Lochs I, 25. .
Lucht I, 219.
Luchtspiegeling I, 204; II, 198.

## M.

Maan I, 4.
Magnetisch onweêr II, 203.
Magnetische pool II, 203.
Malaria I, 122.
Mammoet I, 63.
Meren I, 26, 89.
Meridianen I, 18.
Mesozoïsche tijdperk I, 50.
Metalen II, 13.
Meteorologie II, 107.
Middaglijnen I, 18.
Middenloop II, 69.
Middensteendijk II, 181.
Mineraalwater II, 46.
Minerale bronnen I, 121; II, 46.
Mist II, 138.
Moesson II, 131.
Morgenwind II, 124.
Mosasaurus I, 56.

## N.

Nacht I, 5.
Nafta I, 142.
Natronmeren II, 95.
Nering II, 102.
Noorden I, 16.
Noorderlicht II, 200.
Noordpool I, 16.
Noordpoolcirkel I, 16.
Noordpoolstroom II, 40.

## O.

Oceaan I, 25; II, 2.
Omkorstende bronnen II, 52.
Omtrek I, 11, 22.
Omwentelings-ellipsoïde I, 9.
Onderaardsche ontbranding. I, 171.
Onderstroomem II, 36.
Ondiepten I, 25.
Onveranderlijke temperatuur I, 13.
Oosten I, 16.
Oosterlengte I, 19.
Opheffingsdalen I, 187.
Opneming II, 121.
Oppervlakte I, 11.
Oppervlaktestroomen II, 36.
Oppervlaktetemperatuur I, 12; II, 20
Orthoceratieten I, 43.
Overstroomingen II, 73.

## P.

Palaeotherium magnum I, 58.
Pampas I, 24, 214.
Pannekoekijs II, 187.
Paradoxides bohemicus I, 42.
Parallellen I, 18.
Parheliën II, 200.
Parhelische kringen II, 200.
Passaatwinden, II, 127.
Passen I, 80.
Periodieke winden II, 130.
Permsche tijd I, 48.
Petrefacten I, 36.
Phosphoriseeren der zee II, 23.
Pinus sylvestris II, 209.
Piramiden I, 80.
Planeet I, 2.
Planetoïden I, 2.
Plantaardig leven II, 207.
Plateaux I, 25.
Plooien I, 79.
Plooiïngs-gebergte I, 78.
Polen der aarde I, 16.
Poolzee II, 3.
Poolgordel II, 209.

Porfieren I, 141.
Prairiën I, 24, 211.
Punawinden II, 132.
Putten II, 174.
Pyramiden II, 176.
Pyriet I, 38.
Pyrieten I, 171.

## R.

Randsteendijk II, 179.
Ranunculus glacialis II, 210.
Regen II, 143.
Richting I, 23.
Riffen II, 11.
Rivierbedden II, 58.
Rivieren I, 26; II, 56.
Riviermond I, 25.
Rivierstelsels I, 74.
Roches moutonnées II, 183
Rollers II, 27.
Rotsbreuken I, 223.
Rotsen I, 86.
Rudisten I, 55.
Rug I, 83.
Rijvulkanen I, 147.

## S.

Salpeterzuur II, 108.
Samendrukking II, 13.
Sargassozee II, 38.
Satellieten I, 2.
Saxifraga bryoides II, 209.
Schiereiland I. 24.
Schietstroomen II, 67.
Schors der aarde I, 12.
Schijnbare horizon I, 10.
Slaglauinen II, 152.
Slijkvulkanen I, 144.
Siberische vlakte I, 196.
Silurische vorming, I, 40.
Simoen I, 206.
Sneeuw II, 149.
Sneeuwbrug II, 151.
Sneeuwgrens II, 118.
Sneeuwkloof I, 82.
Sneeuwkom II, 159.
Sneeuwlijn II, 118.
Sneeuwvallen II, 150.
Sneeuwvlokken II, 149.
Sneeuwijs I, 218; II, 159.
Soldanella alpina II, 209.
Spiegelingen II, 198.
Spleten I, 80, 188.
Splijtingsdalen I, 187.
Springbronnen II, 49.
Springtij II, 31.
Stalactieten I, 230.
Stalagmieten I, 230.
Steenbokskeerkring I, 16.
Steenbrokken II, 178.
Steendijk II, 178.
Steendijken I, 218.
Steenkoolstelsel I, 46.
Steenkooltijdvak I, 46.
Steenzout I, 220.
Stelsel van vormingen I, 36.
Steppen I, 24, 190.
Sterren I, 10.
Stikstofgas II, 107.
Strandgordel II, 210, 212.
Stroomen II, 24, 36.
Stroomgebied I, 74.
Stroomkaart II, 37.
Stroom van Guiana II, 37.
Stuiflauinen II, 153.
Stuifsneeuwvallen II, 151.
Subarctische gordel II, 208.
Subtropische gordels II, 208.

## T.

Tafelland I, 137.
Tafellanden I, 25.
Tandvorm I, 84.
Tegenstroom II, 401.
Telegraaf-plateau II, 18.
Temperatuur I, 12.

Temperatuur der aardkorst I, 12.
Temperatuur der zee II, 20.
Toendra I, 197.
Toppen I, 82.
Tornado's II, 134.
Triastijdvak I, 51.
Tropische gordels II, 207.
Tsjornozem I, 195.
Tusschenpoozende bronnen II, 50.
Tyfoens II, 134.

## U.

Uitbarsting I, 143.
Uitspoelingsdalen I, 186.
Uitstraling II, 121.
Uitwasemingen II, 108.

## V.

Vallen van het water II, 100.
Vasteland I, 24.
Vastelandstelsels I, 86.
Vaste stoffen II, 6.
Veenrook II, 139.
Verglijdingsdalen I, 107.
Versteenende meren I, 96.
Versteende regendruppelen I, 39.
Versteende waterval II, 53.
Versteeningen I, 35.
Vertegenwoordigende soorten I, 213.
Verticale afstand II, 217.
Verweering I, 72.
Vischhagedis I, 52.
Vlakten I, 185, 189.
Vleugelvinger I, 52.
Vloed II, 29.
Vochtigheid II, 121.
Voetstappen I, 38.
Voorwereldlijke golfslag I, 39.
Vormingen I, 35.
Vulkaan I, 141.
Vulkanen van de toekomst I, 142.
Vulkanen van het verledene I, 142.
Vuurspuwende bergen I, 140.
Vuursteen I, 171.
Vuurverschijnselen I, 143.

## W.

Wachters I, 4.
Wadden I, 190.
Warme bronnen II, 46.
Warmgematigde gordels II, 208.
Warmte I, 143; II, 114.
Wassende bergen I, 145.
Wassen van het water II, 100.
Water I, 20, 142; II, 1, 107.
Waterdamp II, 112, 124.
Waterhalfrond I, 22.
Waterhozen II, 134.
Waterscheidingen I, 73, 74.
Waterstofgas II, 108.
Watervallen II, 59.
Watervulkaan I, 145.
Waterijs II, 189.
Wereldkaart I, 20.
Wervelwinden II, 134.
Westen I, 15.
Westelijk bergstelsel I, 112.
Westerlengte I, 19.
Wierbank II. 39.
Wiergordel II, 210.
Wierzee II, 38.
Wind II, 126.
Winden I, 15; II, 112.
Windgolf II, 35.
Windhozen II, 134.
Windstilte II, 130.
Winter I, 6.
Winterhelling II, 120.
Winterzonnestand I, 6.
Wolken II, 140.
Wrijving I, 143.

## IJ.

IJsbergen II, 193.

IJsblink II, 197.
IJsnaaldjes II, 148.
IJsnevel II, 149, 199.
IJstijd I, 62.
IJsveld II, 187.

## Z.

Zandhozen II, 134.
Zee II, 1.
Zee, Atlantische I, 25.
Zee, Indische I, 25; II, 3.
Zee, Middellandsche II, 3.
Zee, Noordelijke I, 25.
Zee, Stille I, 25; II, 2.
Zee, Zuidelijke II, 3.
Zeeboezem I, 25.
Zeefauna II, 212
Zeekaarten I, 20.
Zeeklimaat II, 123.
Zeestraten I, 25.
Zeewind II, 124.
Zoet water I. 26, 89; II, 43.
Zoetwaterijs II, 190.
Zomer I, 6.
Zomerhelling II, 120.
Zomerlauinen II, 153.
Zomerzonnestand I, 6.
Zon I, 2.
Zone I, 16.
Zonnestelsel I, 1.
Zout II, 6.
Zoutmeren I, 94.
Zout water I, 26; II, 43, 190.
Zuiden I, 16.
Zuidpool I, 16.
Zuidpoolcirkel I, 16.
Zuurstofgas II, 107.
Zwavelbronnen II, 52.
Zwavelmetalen I, 171.
Zwerfblokken I, 63, 192, 219; II, 171.